

# ADAPTIVE DESIGN

Spazi solari e bioclimatici in architettura

*Solar and bioclimatic spaces in architecture*

INDICE

pag.

*Introduction*

*Solar and Bioclimatic Spaces for an Adaptive Design*

9

## PARTE I

### SISTEMI BIOCLIMATICI E SPAZI SOLARI PASSIVI IN ARCHITETTURA

<b>1. Principi, effetti e caratteri dei sistemi bioclimatici e solari passivi</b>	<b>29</b>
<b>2. Sistemi bioclimatici e spazi solari per il progetto dei comportamenti termici passivi in architettura e per un'architettura 'climate proof' e 'bio-climate responsive'</b>	<b>33</b>
2.1. Serre solari	33
2.1.1. Serre a guadagno diretto	34
2.1.2. Serre a guadagno indiretto	44
2.2. Atrii bioclimatici	72
2.3. Winter-garden	110
2.4. Buffer space	130

## PARTE II

### SPERIMENTAZIONI DI ADAPTIVE DESIGN SUGLI SPAZI BIOCLIMATICI E SOLARI PASSIVI IN ARCHITETTURA

<b>3. La sperimentazione di <i>adaptive design</i> nel progetto degli atrii bioclimatici in architettura</b>	
3.1. Scandinavian airlines systems (Sas), Stoccolma, Svezia, Niels Torp	153
3.2. The Ark, Hammersmith, Berlino, Germania, Ralph Erskine	155
3.3. Istituto di ricerca forestale, Wageningen, Germania, Behnisch, Behnisch & Partner	160
3.4. Parco tecnologico Rheinelbe, Gelsenkirchen, Germania, Kiessler	165
3.5. Reichstag, Berlino, Germania, Norman Foster	169
3.6. Holzstrasse housing development, Linz, Austria, Thomas Herzog	174
3.7. Office building Kabuki-cho, Tokyo, Giappone, Richard Rogers	176
3.8. Accademia all'Emscher Park, Heme-Soedingen, Germania, Jourda & Perraudin	178
3.9. INES-French National Solar Energy Institute, Le Bourget-du-Lac, Francia, Atelier Michel Rémon + Agence Frédéric Nicolas	182
3.10. Mont de Marsan Mediatheque, Mont-de-Marsan, Francia, archi5	187

3.11. Fondation Jérôme Seydoux-Pathé, Paris, Francia, Renzo Piano	192
3.12. Lufthansa Aviation Center, Francoforte, Germania, Ingenhoven Architekten	197
3.13. Proyecto Roble, Tilburg the Netherlands, Olanda, Équipe Voor Architectuur En Urbanisme	203
3.14. The Diana Center at Barnard College, New York, USA, Weiss Manfredi	208
3.15. Harvard Art Museums, Cambridge, USA, Renzo Piano Building Workshop	215
3.16. Water + Life Museums and Campus, Hemet, California, USA, Lehrer Architects + Gangi Architects	223
3.17. Frontier Project, Rancho Cucamonga, California, USA, HMC Architects	228
3.18. European Investment Bank, Lussemburgo, Ingenhoven Architects	232
3.19. PAV – Centro di Arte Contemporanea, Torino, Italia, Gianluca Cosmacini	238
3.20. PCITAL GARDENY, Lleida, Spagna, Pich-Aguilera Architects	241
3.21. Museum of Medical History and Innovation, Boston, Massachussets, Leers Weinzapfel Associates Architects	246
3.22. Porter School of Environmental Studies, Tel Aviv, Israele, Geotectura	250
3.23. Atelier Fleuriste, Torino, Italia, Elastiscopa+3	252
3.24. Museo dell'evoluzione umana – Burgos, Spagna, J. Navarro Baldeweg	256
3.25. Ciudad Casa de Gobierno, Buenos Aires, Argentina, Norman Foster + Partners	259
3.26. Archimede Solar Energy, Massa Martana (PG), Italia, Paolo Verducci	263
3.27 MUSE - Museo delle Scienze, Trento, Italia, Renzo Piano Building Workshop	267
3.28. Endesa Headquarters, Madrid, Spagna, KPF	272
3.29. New world center, Miami, Florida, Frank Gehry	276
3.30. John and Frances Angelos Law Center, Baltimore, USA, Behnisch, Behnisch & Partner	280
3.31. Federal Center South Building 1202, Seattle, USA, ZGF Architects	284
3.32. La Forgiatura, Milano, Italia, Giuseppe Tortato	289
3.33. Housing nella vecchia base sottomarina, Bordeaux, Francia, ANMA	294
3.34. Allen Institute per le scienze neurologiche, Seattle, USA, Perkins+Will	299
3.35. One Angel Square, Manchester, USA, 3DReid	304
3.36. Wakefield One, Wakefield, Gran Bretagna, Cartwright Pickard Architects	309
3.37. Headquarters White Yellow Cross, Ghent, Belgio, Archipl - Architects	312
3.38. The Foundry - Social Justice Centre, Londra, Gran Bretagna, Architecture 00	315
3.39. Student Housing for la Cité Universitaire, Ginevra, Svizzera, Frei Rezakhanlou	319
3.40. Intesa Sanpaolo Office Building, Torino, Renzo Piano Building Workshop	323
3.41. Casa Fernandez, Buenos Aires, Argentina, Adamo - Faiden	329
3.42. CSET Centre for Sustainable Energy Technologies, Ningbo, Cina, M. Cucinella	332
3.43. The Aller Media Building, Copenaghen, Danimarca, PLH Arkitekter	337
3.44. De Resident, L'Aia, Olanda, Cepezed Architects - Hofman Dujardin	342
3.45. Academy of Fine Arts, Monaco di Baviera, Germania, Coop Himmelblau	348
3.46. Environment Agency, Bruxelles, Belgio, Cepezed Architects	353
3.47. 5 Pancras Square, Londra, Gran Bretagna, Bennetts Associates	359
3.48. 10 New Burlington Street, Londra, Gran Bretagna, Allford Hall Monaghan Morris	363
3.49. Astrup Fearnley Museet, Oslo, Norvegia, Renzo Piano Building Workshop & Narud-Stokke-Wiig	366
3.50. CPSCCL Regional Agency, Béja, Tunisia, hk+b Architecture	371

3.51. American University School of International Service, Washington DC, USA, William McDonough + Partners, Quinn Evans Architects	373
3.52. Edificio per uffici, Herrenberg, Germania Kauffmann Theilig & Partner, coll. Alessandra Battisti, Fabrizio Tucci	376
3.53. Edilizia Residenziale Pubblica nel Piano di Zona di "Lunghezzina 2", 31 alloggi, Roma, Italia, Thomas Herzog, Fabrizio Tucci, Alessandra Battisti	386
3.54. Edilizia Residenziale Pubblica nel Piano di Zona "Cappuccini", 18 alloggi, Monterotondo, Italia, Lorenzo Cortesini, Alessandra Battisti, Fabrizio Tucci	400
3.55. Edilizia Residenziale Pubblica nel Piano di Zona di "Torre degli Agli", 88 alloggi, Roma, Italia, Casa Spa, con Alessandra Battisti, Fabrizio Tucci	412
3.56. Brin 69, Napoli, Italia, Vulcanica architettura	422

#### **4. La sperimentazione di *adaptive design* nel progetto dei sistemi di serre bioclimatiche in architettura**

4.1. Scuola materna di Crosara, Marostica, Italia, Sergio Los	428
4.2. Casa Augusti Garau, Bellaterra, Spagna, Miralles	430
4.3. Terrace house prototype, Londra, Gran Bretagna, Bill Dunster	432
4.4. Prisma building, Norimberga, Germania, Joachim Eble Architektur	434
4.5. Complesso residenziale sperimentale, Stoccarda, Germania, Szyszkowitz & Kowalsky	439
4.6. Wohnhaus, Regensburg, Germania, Thomas Herzog	441
4.7. Complesso residenziale, Sagedergasse, Vienna, George Reinberg	444
4.8. Laboratorio di ricerca (Extra) Ulm, Germania, Log ID	448
4.9. Charvot House, Neuville-sur-Seine, Francia, Hérard & da Costa	451
4.10. Fondazione Elizabeth and Helmut Uhl, Laives, Italia, Modostudio	454
4.11. Xi'an Greenhouse, Xi'an, Shaanxi, Cina, Plasma studio	458
4.12. Karmeliterhof, Graz, Austria, LOVE Architecture and Urbanism	452
4.13. Platinum 1 Business Park, Varsavia, Polonia, JEMS Architekci	464
4.14. 15 Social Housings, Riaillé, Francia, Mabire Reich	467
4.15. Blas House, Buenos Aires, Argentina, Adamo-Faiden	470
4.16. Sliding House, Suffolk, Gran Bretagna, DRMM architects	473
4.17. Edificio universitario, Helsinki, Finlandia, Ark-house arkkitehdit	475
4.18. Centro Infanzia ZIP, Padova, Italia, Luisa Fontana	477
4.19. FRAC (Fonds Regional D'art Contemporain), Dunkerque, Francia, A Lacaton & J P Vassal	480
4.20. CO2 Saver House, Polonia, Peter Kuczia	483
4.21. Bedzed (Buddington Zero Energy Development), Londra, Gran Bretagna, Bill Dunster	485
4.22. Plein Soleil 15 Rue Riquet, Parigi, Francia, rh+ architecture	488
4.23. Mont-Cenis Academy, Herne-Sodingen, Germania, HHS Planer + Architekten AG	494
4.24. 23 Semi-collective Housing Units, Trignac, Francia, Lacaton & Vassal	497
4.25. Sustainable Urban Science Center, Philadelphia, USA, SMP Architects	599
4.26. Research Center ICTA-ICP · UAB, Barcellona, Spagna, H Arquitectes + DATAAE	501
4.27. Light Laboratory iGuzzini a Recanati, Italia, Maurizio Varratta	504
4.28. California Academy of Sciences, San Francisco, USA, Renzo Piano Building Workshop	508
4.29. Capricorn House Medienhafen, Diisseldorf, Germania, Gatermann + Schossig	512
4.30. Casa Rosset, Quart, Aosta, Italia, De Carlo Guaita	515
4.31. Glass House, Svezia, Unit Arkitektur AB	518
4.32. Ampliamento Palazzo di giustizia, Spagna, Ark-house arkkitehdit	521

<b>5. La sperimentazione di <i>adaptive design</i> nel progetto dei sistemi di <i>winter-garden</i> in architettura</b>	
5.1. Edificio universitario, Helsinki , Finlandia, Ark-house arkkitehdit	524
5.2. Apartment building, Biel, Svizzera, Log ID with Asp	527
5.3. Genzyme center, Cambridge, USA, Behnisch, Behnisch & Partner	529
5.4. Administration building, Schlierbach, Germania, Log Id	534
5.5. Tartu Nature House, Tartu, Estonia, KARISMA Architects	536
5.6. Uppgrena Nature House, Uppgrena, Svezia, Tailor Made arkitekter	540
5.7. Omega Center for Sustainable Living, Rhinebeck, New York, USA, BNIM	545
5.8. Maison + Agence, Neuville-sur-Seine, Francia, Hérard & da Costa	549
5.9. Rochamp tomorrow, Rochamp, Francia, Renzo Piano Building Workshop	554
5.10. Torre Bois-le-Pretre, Parigi, Francia, F. Druot, A. Lacaton, J.P. Vassal	557
5.11. Milanofiori, Milano, Italia, OBR (Open Building Research)	560
5.12. Social Housing for Mine Workers, Cerredo, Spagna, Zone Arcquitectos	562
5.13. Via Salaino 10, Milano, Italia, Citterio-Viel & partners	565
<b>6. La sperimentazione di <i>adaptive design</i> nel progetto dei sistemi di <i>buffer space</i> in architettura</b>	
6.1. Mediateca, Sendai, Giappone, Toyo Ito	568
6.2. Chiesa in Monaco di Baviera, Germania, Allmann Sahler Wappner	574
6.3. Gotz headquarters building, Wurzburg, Germania, Webler + Geissler	577
6.4. Piscina coperta a Bad Elster, Germania, Behnisch, Behnisch & Partner	579
6.5. Grand Rapids Art Museum, Grand Rapids, Michigan, USA, WHY Architecture	582
6.6. Santral Istanbul Art Museum, Istanbul, Turchia, Emre Arolat Architects	588
6.7. Ourcq Jaures Student & Social Housing, Parigi, Francia, Lacaton & Vassal	591
6.8. La Serenissima office building, Venezia, Italia, Park associati	594

## APPARATI DI SUPPORTO

<b>Studio comparato sulle prestazioni energetiche di quattro tipologie residenziali ad Atrio nei climi europei</b>	<b>598</b>
--	------------

*Marco Cimillo*

<b>Studio comparato di modellazione fluidodinamica degli Atrii Bioclimatici di quattro tipologie edilizie residenziali</b>	<b>624</b>
--	------------

*Marco Cimillo, Matteo Diez*

## BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

<b>References</b>	<b>656</b>
-------------------	------------

## **Introduction.**

### **Solar and Bioclimatic spaces for an Adaptive Design**

#### **Experimentation of bioclimatic and passive solar systems in Architecture**

*The use of solar energy inside buildings as a source of heating is an ancient construction practice employed by humans since the earliest settlements. The first discovered examples regarding studies of solar trajectory, geometry, and architecture date to the dawn of civilization, and, among the world's oldest structures, mention may be made of the Newgrange complex of 3200 BC, known in the Gaelic world by the name "cavern of the sun" (uaimh na greine). This structure consists of a hill of stones and earth, with a single access leading nearly to the centre, where a main, vaulted chamber and other secondary environments are located, with walls bearing decorations representing the solstices. The sole opening provides access and allows the rays of the rising sun to penetrate inside, reaching the back of the main chamber. In this specific case, the use of the sun on the inside has most of all a symbolic value, but in Pueblo Bonito in New Mexico, the settlement's semi-circular arrangement already appears specially designed to favour winter irradiation and to curtail solar gain during the summer.*

*The Ancient Greeks and Romans also used the sun as a source of heating. Very ancient references have been found in the Xenophon's Memorabilia of Socrates, written 2,400 years ago, which describes dwellings facing south with porticoes, and advises architects to build the southern side of these constructions higher in order to capture the winter sun, and the north side lower to keep out the winter winds. In Ancient Greece, the city of Olynthus in the fifth century BC, with a population of 2,500, was built out of nothing at the top of a plateau, with streets running perpendicular to one another, oriented in such a way that all the homes could have the same southern exposure, towards the sun.*

*The Greeks were therefore able to store heat naturally, but were unable to trap the gain obtained in this way, which was lost in a short amount of time due to losses by convection and irradiation; this was different from the Romans who, by providing the Greek-patterned porticoes with glass, were instead able to trap the incoming heat, giving rise to the first experiments with the greenhouse effect in constructions.*

*Also of particular interest is the orientation of the Roman castrum, where the road grid based on the two main arteries – the cardo and the decumanus, prevalently arranged to run*

NE-SW and SE-NW – makes the quantity of solar radiation uniform throughout the settlement fabric, particularly reducing the winter period of sun deprivation for the façades with northern exposure. The renowned Vitruvius (Marcus Vitruvius Pollio), in Book IV of his *De Architectura*, deals with the issue of the arrangement of buildings depending on the latitude, stating that buildings must be placed with respect to the “sun’s path” and the “variety of the sky.” In Imperial Rome’s great bath complexes, the bathing rooms, the calidaria, all faced south or southwest.

Other examples of historic importance are the ones involving the native populations of the New World, for example the Anasazi of Mesa Verde, Colorado, dating to the thirteenth century. These Native Americans dug a spacious cavern with southern exposure, sheltered from the summer sunlight, but able to receive the lower rays in the winter. The heat was stored in the cavern’s rock and in the mud bricks that constituted the dwellings, and was released by these materials gradually during the night.

Years later, and in the far more inaccessible climates of the Canadian Arctic, mention may be made of an engraving dating to 1576-78, depicting Frobisher’s expedition to Baffin Island, where we may observe how all the igloo openings are oriented in the same direction to receive as much light as possible.

The sixteenth century was a period of energy crisis in Europe; at this time in Italy, examples of architecture of great historic importance, designed as a function of the place, include Raphael’s Villa Madama, with its large southern-oriented windows to try to limit the consumption of fossil fuels as much as possible, and in keeping with the prevailing dominant winds. Also in Italy, a couple of centuries later during the era of industrialization, with the development of the use of glass and steel, we find Lake Garda’s Limoniere, the first examples of greenhouses, with mobile glass openings inserted in the mesh of the solid pillars, following the examples of the far more famous examples of the Crystal Palace and of the Victorian-era tropical gardens in general.

In the twentieth century, thanks to the developments in metallurgy and the invention of reinforced concrete, the enormous potentials offered by glass and by glazing technologies began to be understood.

In 1914, for the Cologne Exhibition, Bruno Taut was one of the first to exploit glass in his Glass Pavilion.

During the rationalist period, in the 1932 competition for a single-family home with southern exposure, the German architect Alexander Klein considered, as his basic principle for determining the type, the building’s proper orientation in relation to the sun’s path during the various seasons. The living room, the bedrooms, and the study were all oriented to the south, while the baths, the stairways, and the various hallways were arran-

ged to the north. In keeping with modern principles of energy savings, the architect took pains that each dwelling allowed the sun in for a few hours even during the winter season. He continued by stating that any design that provided a single northern exposure for dwellings, or that did not allow sun in due to the shadows cast by the building, should be rejected. He concluded his report with the observation that "letting the sun in" is the "new and most imperious duty of architecture."

Also in 1932, the Berlin construction councillor Martin Wagner made one of the first modern passive dwellings following the "Growing House" competition, in which diagonal windows surrounded the building, creating thermal buffer zones and reducing heat losses.

The list of the masters of modern architecture must certainly include Le Corbusier who, with his "Grille Climatique," optimized the biocompatibility approach of modern constructions, linking his architectural choices to the site's characteristic climate data. The Jaoul houses, the Unité d'Habitation in Marseille, and the convent of Sainte-Marie de la Tourette devote particular attention to natural lighting and to introducing sunlight into the internal space. At Chandigarh as well, towards the end of his life he expressed his devotion to the sun as the main force governing life, the emblem of harmony between man and nature. Many of the hieroglyphs he impressed into the cement of his works refer in fact to the sun, to its daily path, and to its radiation.

The Finnish architect Alvar Aalto also, and even more lyrically, expressed in his work an intense relationship with nature. In his famous Paimio Sanatorium built in 1933, he exploited the solar energy inside the building, orienting all the patient bedrooms to the south in order to heat them naturally.

In America, Buckminster Fuller designed his famous geodesic domes, ultralight elements for multi-storey dwellings that incorporate natural elements inside, exploiting their positive values and at the same time protecting them from the harmful effects of climatic agents, thereby obtaining considerable energy savings, as Grimshaw does today in Cornwall, with his Eden Project.

In 1948, in Dover, Massachusetts, an important modern solar building, the Peabody House, was already producing 80% of its heating thanks to the solar energy absorbed by its all-glass southern façade and with specially designed heat storage.

Dating to 1958 is Ralph Erskine's utopian design for a subarctic city amid the glaciers of Sweden, systematizing all the devices of traditional architecture with the possibilities offered by modern techniques to better absorb solar energy and to protect the inhabitants from adverse meteorological agents, limiting artificial air conditioning as much as possible.

In America, of those who pioneered the sustainable approach, Lawrence Halprin - who in California in 1965 built the Sea

Ranch complex, a community of vacation homes north of San Francisco and a jewel of “bioarchitecture” – merits brief discussion. Built taking account of the climate variables and arranged running parallel to the coastline so as to break the strong winds from the ocean, the buildings borrowed the habit of the shepherds and ranchers who protected their flocks with rows of cedar and cypress trees. He in fact affirmed his desire to “create a genuinely pleasant living environment that provided shelter from the sometimes windy and humid climate, but that also offered an open and openable dwelling, an ‘inside’ and ‘outside’ at the same time, protected from the wind and open to the landscape and the sun.” This was obtained with enclosures within enclosures, starting from a cube with a 24-foot (about 7 m) base, surrounded by verandas, terraces, and platforms shielded from the wind.

Another pioneering achievement in the field of energy savings, this time in England, relates to the enlargement of the St. George’s School in Wallasey, done by Emslie Morgan in 1961. This building implements certain devices relating to passive solar design; he in fact used a highly insulated envelope, the thermal absorption capacity of the concrete and masonry, and the greenhouse effect properties of southern-oriented glass. He also built a flexible, double-shell façade composed of two glass walls spaced 60 cm apart, behind which, in certain areas, he placed rotating panels capable of storing or reflecting solar radiation. The building is inhabitable even during the harshest winters without the aid of heating, and thus abundantly demonstrates the benefits that may be obtained from a passive exploitation of solar energy. Morgan’s school building recovers the ideas of Le Corbusier, who as early as 1931, for the Cité de Refuge in Paris, had already developed the “mur neutralisant,” a double-shell façade that reacted flexibly to climate agents. In the 1970s, at the impetus of the first major oil crisis, the energy problem took on primary importance, and the decision was made to develop a new architecture of glass that limited to the greatest extent possible the energy waste derived from enormous heat losses in the winter and overheating in the summer, by once again studying the long-known ability to store solar energy using glass.

During this period, a group of Cambridge architecture students and Alex Pike designed an experimental residence, Autarkic House, which combined sophisticated technologies based on Felix Trombe’s solar design experiments of the 1950s with the resources available onsite. In addition to solar collectors, it had glass reaching full height on three sides, which contributed towards winter heating. The north wall built in masonry served as heat storage and acted as an internal vertical winter garden providing food and oxygen. Among other noteworthy Italian solar architects, Paolo Soleri, an active experimenter with solar energy in buildings and in urban settlements in general, held

particular prominence. In 1976, the Turinese architect, who had already moved to America some time earlier, initiated what we may consider a continuously evolving work site to this day, by founding “Two Suns Arcology” – a city entirely powered by solar energy, shaped as a function of the passive benefits of a proper relationship with the strong, desert irradiation. When referring to his thinking, Soleri spoke of “arcology” – that is to say a new discipline synthesizing architecture and ecology – and of the city of two suns, (hence the name of “his” founding city), meaning by this both the physical phenomenon of the irradiation of the sunlight providing the urban settlement with energy, and the irradiation of the urban mind that justifies that experimentation in its essence.

In 1972, the Club of Rome presented its report *The Limits to Growth*, which drastically emphasized the energy question. The two subsequent oil crises were followed by large numbers of innovative, solar constructions. In Germany, the two dwellings by Thomas Herzog in Regensburg and Munich, with diagonally southern walls entirely in glass, bear mentioning.

Dieter Schempp and his LOG IDs also experimented with ecological solar architecture, exploiting passive systems like greenhouses and winter gardens to store heat.

Also in 1972, the first United Nations Conference on the Human Environment was held in Stockholm, where Norway’s then Prime Minister Brundtland prepared the report entitled *Our Common Future*, which introduced the concept of sustainable development.

In 1992, the heads of state at the Rio de Janeiro Earth Summit committed to work together to seek new roads towards a development that “meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” The principles of the Rio Declaration were associated with a development programme for the twenty-first century known as Agenda 21, a set of commitments on which actions to be implemented on a local, national, and global scale.

In 1996, the Kyoto Conference resulted in the drafting of a more operative protocol, in which the attending heads of state committed to reducing energy consumption, to replacing energies derived from fossil fuels with those from renewable resources, and to not exceeding, in the years from 2008 to 2012, the greenhouse gas emissions of 1990.

Since then, a number of noteworthy, more in-depth realizations have been arrived at: the current setting of European research – in its development for a decade in these parts – identifies the built environment, and in particular the districts of cities, as the preferential experimentation setting for the transition towards a carbon-neutral society and a green and circular economy (UN Habitat, 2011; IPCC, 2018); the recent programming of national and international technical policy sees the regeneration of

*urban areas as a driver that can bring positive impacts for a development of effective struggle against climate change, and of environmental, social, and economic sustainability (ILO, 2016; EC, 2020); the combination of the known and evident criticalities typical of the peripheries and of marginal areas is accompanied by what will be a worsening trend of climate conditions in terms of urban heat islands, heat waves, pluvial flooding, drought and aridity phenomena, and sharply increased extreme and devastating windiness (EEA, 2016; IPCC, 2019); and these contexts have, over these years, shown the urgent need for concrete design experimentation in the field, able to guide the processes of urban regeneration towards climate-oriented objectives of resilience and adaptivity, framed within the broader development lines resting upon the pillars of bioclimate, energy, and ecology, and integrated with strategies aimed at improving the aspects of mitigation, safety, comfort, health, and the rational use of resources (OECD, 2016; EEA, 2020).*

*To reduce – and bring progressively down to zero by 2050 – carbon emissions, which originate in large part from the construction sector as well, has become an imperative for architects who must achieve better quality of life at home and in the city, by exploiting all those resources that nature gives us free of charge: the sun, the wind, water, plants, etc.*

*The bioclimatic characteristics of a place must now be automatically included in the design parameters in order to be able to obtain results that are sustainable and in harmony and balance with the environment.*

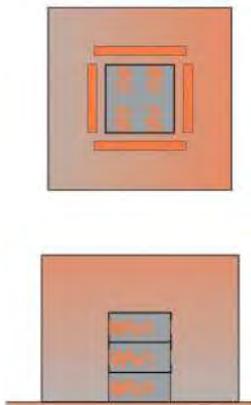
*On the other hand, the guidelines for operative and applicative development on cities provided by the European Union and the United Nations are now clear: from the strategic actions that may be gleaned from Cities of Tomorrow to those of the 20-20-20 Climate and Energy package; from the strategies of the 2030 Agenda to the 2030 Climate and Energy Policy Framework package; from the Roadmap 2050 initiative promoted by the European Climate Foundation to the guidelines of the recently approved 2050 European Green Deal.*

*It comes as no surprise, also from these important documents, that everything converges on the absolute priority of implementing urban regeneration programmes based on principles of adaptation as a response to environmental and socioeconomic challenges.*

*And it underscores the importance of Environmental design as a factor for reducing vulnerability and for the concrete valorization of the built environment, demonstrating a change of perspective that makes technological innovation – and above all that applied to the ecological, energy, and bioclimatic aspects in terms of process, design, and product – an instrument to increase urban resilience and adaptivity and to effectively and efficiently guide the now essential ecological transition.*

## Atrii a guadagno diretto e indiretto

## European Investment Bank, Lussemburgo, Ingenhoven Architects

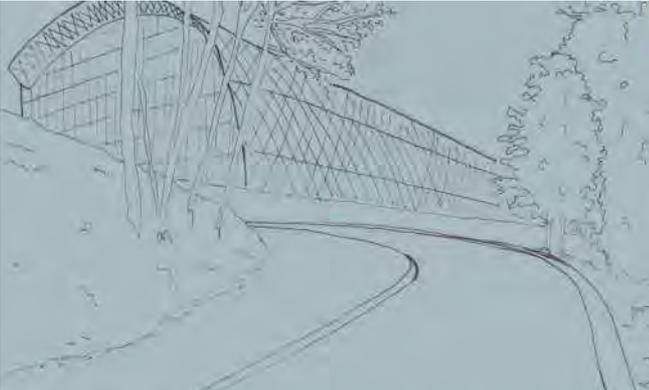


Atrio completamente avvolgente

La European Investment Bank (EIB), con sede a Lussemburgo, fu fondata nel 1958 come la banca di quella che era la CEE. Oggi è una delle più grandi istituzioni di prestito nel mondo. Avendo la sostenibilità ambientale come "priorità centrale", il suo ruolo sta nel contribuire al processo dell'integrazione, sviluppo equilibrato, e coesione economica e sociale, specialmente fra gli stati membri dell'Unione europea.

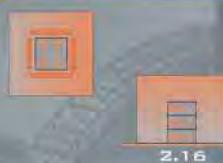
Situata vicino la sede centrale dell'EIB in Viale Konrad Adenauer, l'estensione presente fu costruita nell'estate del 2008. Fin dall'inizio, non voleva essere una mera estensione per 750 membri del personale, ma si voleva dare un modello nel campo della costruzione sostenibile e bioclimatica.

Alti standard ambientali, efficienza energetica e trattamento responsabile delle risorse naturali erano alcuni degli obiettivi principali previsti nella competizione che ebbe inizio nel 2002. Dieci squadre multidisciplinari furono invitate per partecipare alla competizione che vide vincitori il progetto di Christoph Ingenhoven, Werner Sobek e HI Technic che proposero un edificio dal volume compatto, dalla forma di una sezione di vetro tubolare con una dolce curvatura. scelte di sostenibilità.



**CARATTERISTICHE:**  
LA EUROPEAN INVESTMENT BANK (EIB), CON SEDE A LUSSEMBURGO, FU FONDATA NEL 1958 COME LA BANCA DI QUELLA CHE ERA LA CEE. OGGI È UNA DELLE PIÙ GRANDI ISTITUZIONI DI PRESTITO NEL MONDO. AVENDO LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE COME "PRIORITÀ CENTRALE", IL SUO RUOLO STA NEL CONTRIBUIRE AL PROCESSO DELL'INTEGRAZIONE, SVILUPPO EQUILIBRATO, E COESIONE ECONOMICA E SOCIALE, SPECIALMENTE FRA GLI STATI MEMBRI DELL'UNIONE EUROPEA. SITUATA VICINO LA SEDE CENTRALE DELL'EIB IN VIALE KONRAD ADENAUER, L'ESTENSIONE FU COSTRUITA NELL'ESTATE DEL 2008. FIN DALL'INIZIO, NON VOLEVA ESSERE UNA MERA ESTENSIONE PER 750 MEMBRI DEL PERSONALE, MA SI VOLEVA DARE UN MODELLO NEL CAMPO DELLA COSTRUZIONE SOSTENIBILE E BIOCLIMATICA. ALTI STANDARD AMBIENTALI, EFFICIENZA ENERGETICA E TRATTAMENTO RESPONSABILE DELLE RISORSE NATURALI ERANO ALCUNI DEGLI OBIETTIVI PRINCIPALI PREVISTI NELLA COMPETIZIONE CHE EBBE INIZIO NEL 2002. DIECI SQUADRE MULTIDISCIPLINARI FURONO INVITATE PER PARTECIPARE ALLA COMPETIZIONE CHE VIDE VINCITORI IL PROGETTO DI C. INGENHOVEN, W. SOBEK E HI TECHNIC CHE PROPOSERONO UN EDIFICIO DAL VOLUME COMPATTO, DALLA FORMA DI UNA SEZIONE DI VETRO TUBOLARE CON UNA DOLCE CURVATURA.

**EUROPEAN INVESTMENT BANK, LUSSEMBURGO, ARCHITETTI: INGENHOVEN ARCHITECTS**



2.16

QUESTO ESEMPIO È RELATIVO AL CASO 2.16, OVVERO AD ATRIO COMPLETAMENTE AVVOLGENTE. ESSO INGLOBA COMPLETAMENTE DENTRO DI SE TUTTI I BLOCCHI DEGLI UFFICI DELLA BANCA.

**STRATEGIE BIOCLIMATICHE E ECOSOSTENIBILI ADOTTATE NELL'EDIFICIO:**

- ATRII BIOCLIMATICI AVVOLGENTI TRA I VARI BLOCCHI DEGLI EDIFICI, CHE RISCALDANO E CONTROLLANO IL CONFORT TERMIGROMETRICO DI QUESTI ULTIMI
- FALDE NELL'INVOLUCRO CHE SI APRONO PERMETTENDO UNA CIRCOLAZIONE BEN REGOLATA DI ARIA FRESCA NEGLI SPAZI INTERNI, COSÌ CHE LE FINESTRE DEGLI UFFICIO POSSONO ESSERE APERTE ANCHE IN INVERNO PER ASSICURARE LA NATURALE VENTILAZIONE ALL'ATRIO
- SCHERMATURE INTERNE CHE PROTEGGONO IL LEGNO INTERNO DAGLI EFFETTI DIRETTI DEL TEMPO
- UTILIZZO DEL LEGNO PER RIDURRE L'UTILIZZO DELL'ENERGIA PRIMARIA

QUESTE SCELTE TECNOLOGICHE HANNO FATTO OTTENERE ALL'EDIFICIO LA CLASSIFICAZIONE DI 'ECCELLENTE' QUALITÀ ECOLOGICA DAL BREEAM.

PLANIMETRIA



PIANTA PIANO TERRA

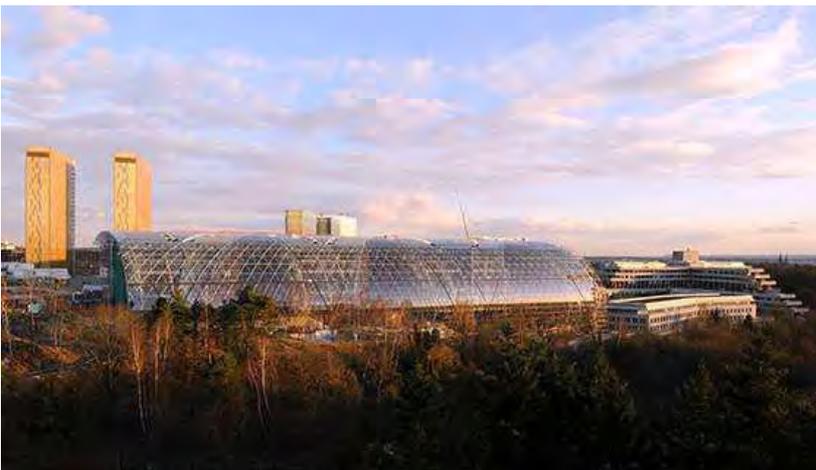


SEZIONE LONGITUDINALE



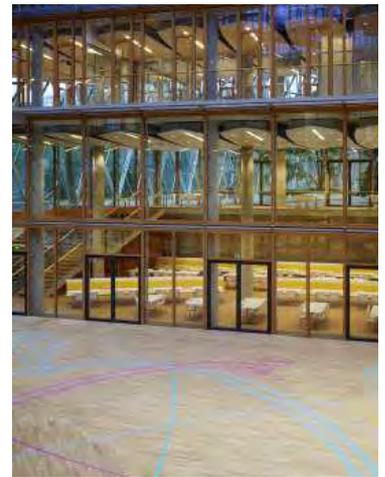


Posti sotto questa enorme copertura vitrea, si muovono a zigzag tratti di uffici da sei a massimo nove piani (a seconda della topografia) collegati da ponti e da un percorso di collegamento lungo il lato settentrionale.



La facciata nord guarda verso il Val boscoso des Bons Malades. Lungo questo lato, gli spazi a V sagomati tra i tratti di ufficio formano giardini di inverno non riscaldati, e la facciata curva si estende giù verso terra. In contrasto, sul lato meridionale gli spazi intermedi e triangolari tra gli uffici furono disegnati come atri "pubblici" liberi, con controllo della temperatura ed con una doppia pelle in facciata. Lungo questa facciata ci sono le zone di ingresso principali e secondarie, così come percorsi d'accesso all'edificio esistente e la mensa.





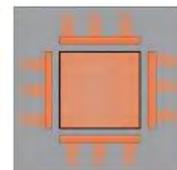
Poichè i muri interni sono schermati contro gli effetti diretti del tempo, è stato possibile sviluppare facciate di legno e finestre di grandi dimensioni. Questo non solo dà luogo ad un più grande senso di benessere; ma ha aiutato anche ad ottenere una riduzione dell'energia primaria che sarebbe stata altrimenti molto elevata, per esempio nel caso in cui si fosse utilizzato dell'alluminio.

*Gli atrii interni creano una sorta di piazza coperta, riscaldata e non, tra i blocchi degli uffici. Creando un ambiente conviviale nei momenti di pausa dei dipendenti.*

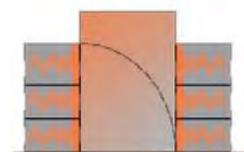


### Allen Institute per le scienze neurologiche, Seattle, USA, Perkins+Will

L'Allen Institute si colloca nel South Lake Union di Seattle, e ospita un centro di ricerca di scienze neurologiche e cellulari. All'interno si trovano laboratori, uffici e spazi di lavoro aperti, che sono organizzati come una serie di "petali" raggruppati attorno a un luminoso atrio di sei piani. Questo atrio è di notevole importanza non solo per permettere di raggiungere standard energetici elevati, ma anche per creare un ambiente di lavoro trasparente e luminoso, del tutto opposto ai tipici ambienti di laboratorio. Infatti, a sbalzo su di esso, troviamo delle sale comuni vetrate, con pareti attrezzate, confortevoli posti a sedere e lavagne per le riunioni spontanee e le discussioni. Il cuore del progetto, l'atrio, è un elemento bioclimatico che permette il controllo del riscaldamento di tutti gli elementi circostanti, oltre a una naturale ventilazione grazie alle aperture. I laboratori che lo circondano possono quindi beneficiare del clima e della luce naturale; sono organizzati come dei quartieri intorno all'atrio e degli infissi in legno di grandi dimensioni creano portici per ogni gruppo di scienziati. Un banco di legno continuo offre un luogo accogliente per sedersi e parlare.



Atrio centrale a tutta altezza



**CARATTERISTICHE:**

L'ALLEN INSTITUTE SI COLLOCA NEL SOUTH LAKE UNION DI SEATTLE, E OSPITA UN CENTRO DI RICERCA DI SCIENZE NEUROLOGICHE E CELLULARI. ALL'INTERNO SI TROVANO LABORATORI, UFFICI E SPAZI DI LAVORO APERTI, CHE SONO ORGANIZZATI COME UNA SERIE DI "PETALI" RAGGRUPPATI ATTORNO A UN LUMINOSO ATRIO DI SEI PIANI. QUESTO ATRIO È DI NOTEVOLE IMPORTANZA NON SOLO PER PERMETTERE DI RAGGIUNGERE STANDARD ENERGETICI ELEVATI, MA ANCHE PER CREARE UN AMBIENTE DI LAVORO TRASPARENTE E LUMINOSO, DEL TUTTO OPPOSTO AI TIPICI AMBIENTI DI LABORATORIO. INFATTI, A SBALZO SU DI ESSO, TROVIAMO DELLE SALE COMUNI VETRATE, CON PARETI ATTREZZATE, CONFORTEVOLI POSTI A SEDERE E LAVAGNE PER LE RIUNIONI SPONTANEE E LE DISCUSSIONI. IL CUORE DEL PROGETTO, L'ATRIO, È UN ELEMENTO BIOCLIMATICO CHE PERMETTE IL CONTROLLO DEL RISCALDAMENTO DI TUTTI GLI ELEMENTI CIRCOSTANTI, OLTRE A UNA NATURALE VENTILAZIONE GRAZIE ALLE APERTURE. I LABORATORI CHE LO CIRCONDANO POSSO QUINDI BENEFICIARE DEL CLIMA E DELLA LUCE NATURALE; SONO ORGANIZZATI COME DEI QUARTIERI INTORNO ALL'ATRIO E DEGLI INFISSI IN LEGNO DI GRANDI DIMENSIONI CREANO PORTICI PER OGNI GRUPPO DI SCIENZIATI. UN BANCO DI LEGNO CONTINUO OFFRE UN LUOGO ACCOGLIENTE PER SEDERSI E PARLARE.

**ALLEN INSTITUTE PER LE SCIENZE NEUROLOGICHE; SEATTLE, USA; ARCH: PERKINS+WILL**

**LE STRATEGIE ECOSOSTENIBILI:**

- SISTEMA INNOVATIVO DI CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA;
- DUPLICE FACCIATA VETRATA CHE FORNISCE INSOLAZIONE E ISOLAMENTO TERMICO E SOLARE.
- ILLUMINAZIONE REGOLATA DA RILEVATORI DI PRESENZA;
- USO EFFICIENTE DELLE RISORSE;
- SISTEMI DI GENERAZIONE DI ENERGIA PULITA : COME I PANNELLI FOTOVOLTAICI SULLE PENSILINE DEL PARCHEGGIO ESTERNO.





*“L'architettura di questo edificio riflette chi siamo come organizzazione”, dice Allan Jones, Ph.D., amministratore delegato dell'Allen Institute.*

*“Il nostro modello operativo unico, di ‘scienza di squadra, grande scienza e scienza aperta’, unisce le migliori qualità provenienti dal mondo accademico e delle biotecnologie, con gli obiettivi e le tappe per garantire che le nostre indagini scientifiche si trasformano in risorse utili per gli scienziati di tutto il mondo. L'atmosfera in questo edificio favorisce il tipo di interazione e la collaborazione interdisciplinare che è parte integrante del nostro successo come organizzazione”.*



*Attraverso una modellazione energetica dei sistemi costruttivi, Perkins + Will è stato in grado di raggiungere un elevato grado di trasparenza esterna. Al 56 per cento, è quasi il doppio delle esigenze di Seattle.*

*Lo spazio comprende laboratori umidi e secchi, un data center, un auditorium, un atrio, e spazi di lavoro collettivi.*

*A Lato: l'edificio dispone di un centro dati e di un complesso educativo all'ultimo piano, nonché un'area di elettronica microscopica a livello del suolo. Il complesso ospita anche 840 mq di spazio di vendita al dettaglio e di due livelli di parcheggio sotterraneo.*





*A lato e in alto: le sale permettono incontri spontanei tra le persone e la nascita di dibattiti formativi.*

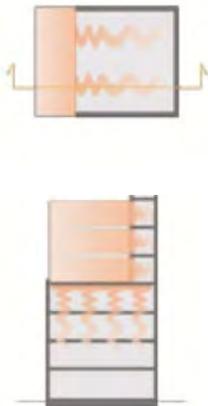


*Gli uffici, gli open space e le scale interagiscono tra loro, consentendo incontri casuali tra colleghi e il personale, aiutando a costruire una comunità.*

*Solitamente, il lavoro di laboratorio è svolto in maniera nascosta, mentre in questo caso è reso trasparente e visibile dall'esterno grazie alla facciata in vetro, incorporata con elementi di ombreggiatura perforati o di metallo intrecciato.*

## Atrio parzialmente avvolgente con apertura laterale

## CSET Centre for Sustainable Energy Technologies, Ningbo, Cina, M. Cucinella



Atrio parzialmente avvolgente  
con apertura laterale

L'Università di Nottingham ha aperto un nuovo campus a Ningbo, nel cuore del quartiere cinese di Zhijiang.

Il Centro per le tecnologie energetiche sostenibili (Center for Sustainable Energy Technology - CSET) sarà dedicato alla diffusione di tecnologie sostenibili come quelle applicate all'energia solare, fotovoltaica o eolica.

L'edificio di 1.300 mq progettato dallo studio Mario Cucinella Architects, ospita un centro visitatori, laboratori di ricerca e aule per corsi. Il padiglione si trova in un prato lungo un ruscello che attraversa il campus e presenta un design ispirato lanterne di carta e alla forma a ventaglio tipici della tradizione cinese.

La facciata del palazzo si piega drasticamente creando una forma fortemente dinamica.

L'edificio è interamente coperto da una doppia pelle in vetro con motivi serigrafati che evocano gli edifici storici della zona e mostra un aspetto che cambia dal giorno alla notte.

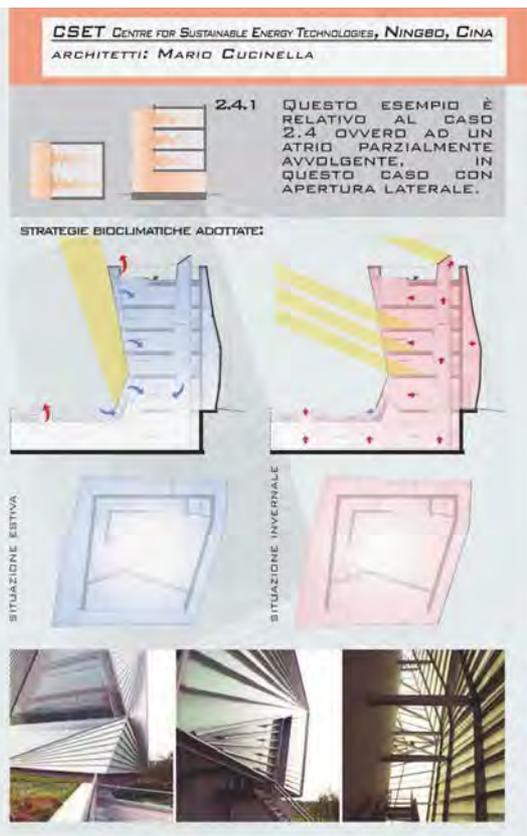


#### CARATTERISTICHE:

L'UNIVERSITÀ DI NOTTINGHAM HA APERTO UNA NUOVA SEDE A NINGBO. IL CENTRO PER LE TECNOLOGIE ENERGETICHE SOSTENIBILI (CSET) OSPITA UNA SCUOLA PER LA DIFFUSIONE DELLE TECNOLOGIE ECOSOSTENIBILI. L'EDIFICIO, 1.300 M<sup>2</sup>, OSPITA UN CENTRO VISITATORI, LABORATORI DI RICERCA E AULE PER I CORSI MASTER. IL SUO DESIGN È ISPIRATO ALLE LANTERNE CINESI.

#### COMPORTAMENTO ENERGETICO:

IN INVERNO L'ARIA ESTERNA IN INGRESSO (ATTRAVERSO LA FACCIATA A DOPPIA PELLE E L'ATRIO CENTRALE), VIENE RISCALDATA NATURALMENTE PER EFFETTO SERRA. PER QUANTO CONCERNE INVECE IL BASAMENTO, L'ARIA ESTERNA ATTRAVERSA UNA SERIE DI CONDOTTI GEOTERMICI DOVE VIENE PRERISCALDATA PER POI ESSERE IMMESA NEGLI AMBIENTI E SI DISTRIBUISCE NELL'ATRIO E NEGLI AMBIENTI. DURANTE L'ESTATE L'ARIA DI VENTILAZIONE IN INGRESSO NEGLI AMBIENTI, ATTRAVERSO I CONDOTTI NEL BASAMENTO, VIENE PRERAFRESCATA NATURALMENTE. L'ARIA FREDDA, PIÙ PESANTE RISPETTO A QUELLA CALDA TENDE A SCENDERE NEI DIVERSI AMBIENTI: L'ARIA CALDA, QUINDI, GRAZIE ALL'EFFETTO CAMINO, SALE ATTRAVERSO L'ATRIO CENTRALE E VIENE ESPULSA DALLE APERTURE POSTE SULLA SOMMITÀ. L'INVOLUCRO DELL'EDIFICIO È STATO PROGETTATO PER FAVORIRE IL PIÙ POSSIBILE LO SFRUTTAMENTO DELLA LUCE NATURALE, RIDUCENDO FENOMENI DI ABBAGLIAMENTO.





Vista del CSET



*L'edificio di 1.300 metri quadrati, che presenta un design ispirato alle lanterne e ai ventagli della tradizione cinese, si adagia su un grande prato a ridosso del piccolo fiume che scorre internamente al campus.*

*La sua struttura, parzialmente opaca, è attraversata da una piega trasparente che realizza la facciata dell'edificio dando origine a una forma dinamica in risposta alle diverse esigenze legate all'orientamento, capace di trasformarsi dal giorno alla notte.*

*Sotto: vista dell'edificio e del piano seminterrato*



*Il progetto è concepito con l'obiettivo di ridurre al minimo l'impatto ambientale dell'edificio, sia con l'applicazione di sistemi non convenzionali per la climatizzazione dell'ambiente interno, sia con l'utilizzo dello stato dell'arte delle tecnologie per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili per coprire il rimanente fabbisogno di energia.*



Sopra: particolari della facciata a doppia pelle



Vista notturna dell'edificio

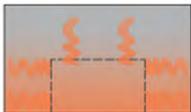
*L'analisi del clima locale ha guidato il processo progettuale, per ridurre al minimo la domanda di energia per il riscaldamento invernale, il raffrescamento estivo e per favorire la ventilazione naturale degli ambienti durante le stagioni intermedie. Per questo motivo, oltre all'elevata coibentazione e tenuta all'aria dell'involucro, sono state adottate strutture massive, caratterizzate da un'alta capacità termica e una double skin facade sul fronte sud.*

Sotto: facciata sud



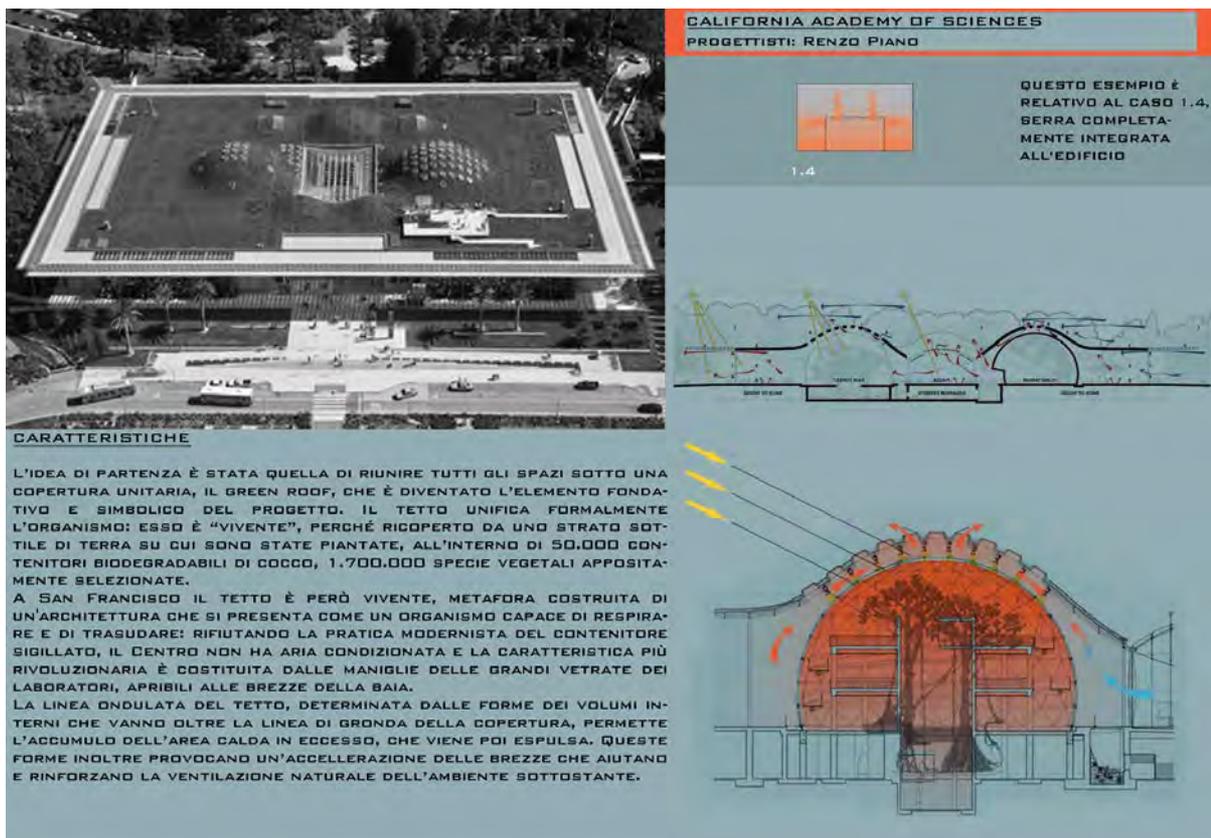
## Serre e dispositivi bioclimatici passivi

## California Academy of Sciences, San Francisco, Renzo Piano Building Workshop



Serra integrata nell'edificio

La California Academy of Sciences, fondata a San Francisco nel 1853, è una delle più prestigiose istituzioni degli Stati Uniti, ed uno dei pochi istituti di scienze naturali in cui l'esperienza pubblica e la ricerca scientifica si svolgono nella stessa sede. Nel gennaio 2000 Renzo Piano Building Workshop, vincitore della selezione, ha iniziato la progettazione del nuovo museo. Il sito si presentava come un insieme di 12 diversi edifici, costruiti tra il 1916 e il 1991 all'interno del Golden Gate Park. Il terremoto di Loma Prieta, avvenuto il 17 ottobre 1989, aveva danneggiato pesantemente le strutture esistenti, tanto da rendere necessario un intervento radicale di ricostruzione. Il progetto ha previsto la demolizione di numerosi edifici esistenti, che sono stati demoliti, sbriciolati e riutilizzati nelle nuove strutture. Per l'isolamento termico sono stati usati i cascami dei jeans offerti dalla Levi's. Il 95% dell'acciaio utilizzato proviene da materiale riciclato. Tre dei vecchi edifici sono stati recuperati, parzialmente restaurati, e ricostruiti come nel loro volume originale: l'African Hall, il North American (California) Hall e lo Steinhart Aquarium.





Visto da lontano, il segno distintivo del museo è una sorta di prato sospeso al posto del tetto: una leggera ondulatione di colline erbose alta circa dieci metri sul suolo, come se un lembo di parco fosse stato sollevato per nascondervi sotto il mondo della scienza. L'idea di partenza è stata quella di riunire tutti gli spazi sotto una copertura unitaria, il green roof, che è diventato l'elemento fondativo e simbolico del progetto. Il tetto unifica formalmente l'organismo: esso è "vivente"; perché ricoperto da uno strato sottile di terra su cui sono state piantate, all'interno di 50.000 contenitori biodegradabili di COCCO, 1.700.000 specie vegetali appositamente selezionate. Una ricerca botanica durata due anni ha permesso di selezionare le specie in grado di sopravvivere nel microclima del Golden Gate Park senza concimi né irrigazioni artificiali.



È il tratto distintivo: il tetto-giardino è parte integrante del museo perché è una serra sperimentale all'aria aperta per la coltivazione e la conservazione di specie originarie della flora californiana.



La forma delle colline è modellata sui grandi volumi del Planetarium e dell'Acquarium.



Questa è il punto di raccordo di tutti i corpi del museo ed è coperta da un "canopy" di vetro che ricorda nella sua struttura reticolare quella di una ragnatela. Al centro la struttura è aperta per permettere il ricambi di aria all'interno dell'edificio.



A San Francisco il tetto è però vivente, metafora costruita di un'architettura che si presenta come un organismo capace di respirare e di trasudare: rifiutando la pratica modernista del contenitore sigillato, il Centro non ha aria condizionata e la caratteristica più rivoluzionaria è costituita dalle maniglie delle grandi vetrate dei laboratori, apribili alle brezze della baia. La linea ondulata del tetto, determinata dalle forme dei volumi interni che vanno oltre la linea di gronda della copertura, permette l'accumulo dell'area calda in eccesso, che viene poi espulsa. Queste forme inoltre provocano un'accelerazione delle brezze che aiutano e rinforzano la ventilazione naturale dell'ambiente sottostante.



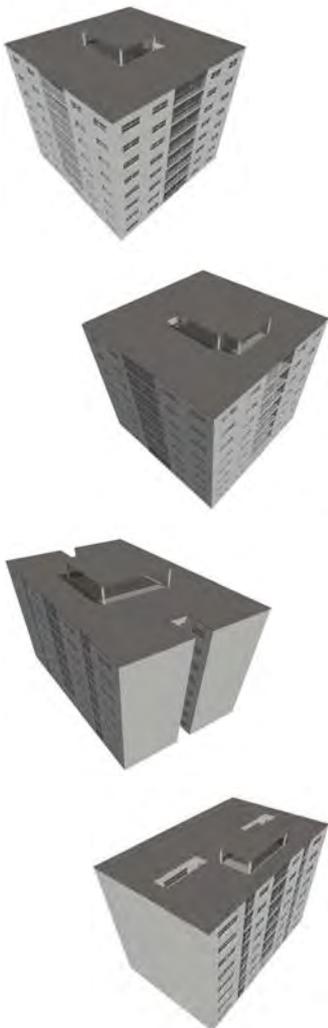
La forma delle colline modellata sui grandi volumi del Planetarium e dell'Acquarium.

Le maniglie delle grandi vetrate dei laboratori, apribili alle brezze della baia, per proteggersi d'estate dal rischio di surriscaldamento.

## STUDIO COMPARATO SULLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DI QUATTRO TIPOLOGIE RESIDENZIALI AD ATRIO NEI CLIMI EUROPEI\*

Marco Cimillo, Sapienza Università di Roma, Xi'an Jiatong-Liverpool University

\* Il presente contributo è frutto degli studi condotti nell'ambito della ricerca P.R.I.N. 2015 "Adaptive Design e innovazioni tecnologiche per la Rigenerazione resiliente dei Distretti urbani in regime di cambiamento climatico", U.O. di Roma Sapienza, Responsabile Scientifico Prof. Fabrizio Tucci.



Modelli 3D delle quattro tipologie utilizzati per le simulazioni energetiche condotte con i software Design Builder - Energy Plus.

Il capitolo illustra uno studio sul contributo di un insieme di sistemi bioclimatici alle prestazioni energetiche di quattro tipologie residenziali, testate in diversi climi europei per mezzo di simulazioni energetiche. I sistemi includono degli atri comuni vetrati, delle logge vetrate nei singoli appartamenti e dei condotti di ventilazione interrati. Gli spazi vetrati funzionano, a seconda della posizione, come serre solari (quando esposti verso il quadrante meridionale) o come "buffer space", spazi intermedi che mitigano l'influenza del clima esterno. I condotti interrati sono invece sistemi utilizzati per il pre-riscaldamento o il pre-raffrescamento dell'aria per la ventilazione degli alloggi, sfruttando l'inerzia termica del terreno ed il fatto che la sua temperatura è tipicamente più alta di quella dell'aria esterna in inverno e più bassa in estate (Grosso, 2011; Cimillo, 2013; Santamouris, 2015). L'uso di simulazioni dinamiche per la valutazione di sistemi passivi, per lo studio tipologico e più in generale per l'analisi delle prestazioni energetiche degli edifici è una metodologia consolidata (Cimillo 2013; Tucci 2014; Vujošević, 2017; Cimillo, 2019; Tucci, 2020) e in particolare, per la presente ricerca, è stato utilizzato EnergyPlus, un software sviluppato dallo US Department of Energy con il National Renewable Energy Laboratory ed ampiamente validato (<https://energyplus.net/testing>).

La valutazione del funzionamento di tali sistemi è stata condotta attraverso la simulazione delle prestazioni energetiche ed ambientali di edifici a blocco e a linea, immaginate con uno sviluppo verticale di otto piani e modellate in due varianti proprio in relazione alla configurazione degli spazi bioclimatici comuni, che vengono ipotizzati sia in posizione centrale che in facciata, con esposizione a sud. Il sistema di spazi comuni, oltre all'atrio vetrato, comprende in alcuni casi delle chiostrine aperte che consentono di incrementare la profondità dei corpi di fabbrica, uno degli aspetti di interesse dello studio.

Per misurare il contributo di tali sistemi alle prestazioni energetiche ed ambientali di ogni edificio sono state effettuate delle simulazioni preliminari di ogni tipologia considerando gli spazi privi delle chiusure vetrate, e quindi della possibilità di svolgere un ruolo di rilievo negli scambi termici con l'esterno, ed in assenza di condotti interrati.

La ripetizione in quattro diverse zone climatiche ha lo scopo di valutare la risposta dei sistemi nelle diverse situazioni e di individuare le potenzialità di ogni variante in relazione alla collocazione geografica. Le località selezionate sono Palermo, Roma, Monaco di Baviera e Copenaghen.

Un set di test così predisposto renderà possibile la lettura dei risultati sotto diverse prospettive misurando le differenze in base a:

- Variazione tipologica;
- Presenza/assenza di sistemi passivi;
- Collocazione climatica.

### Caratteristiche tipologiche dei modelli

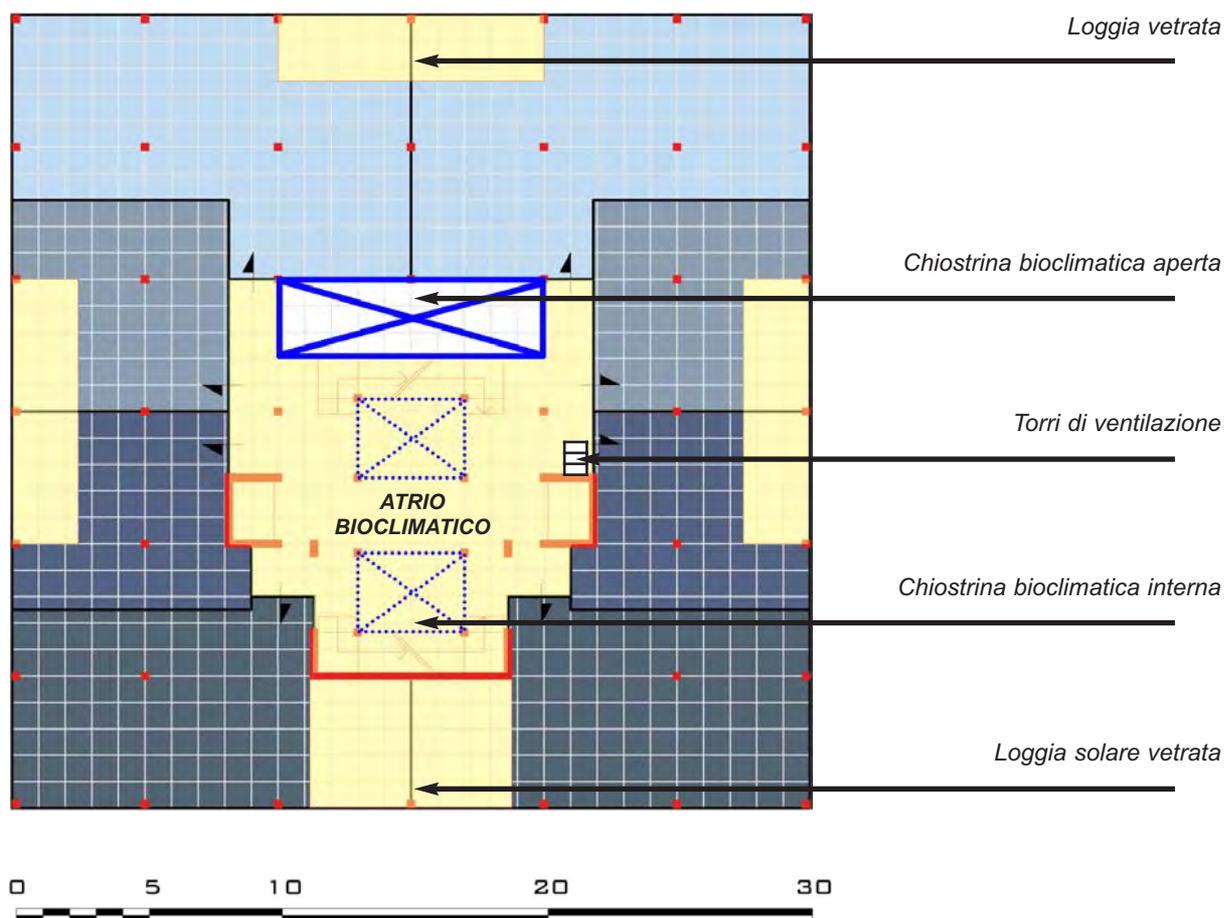
Le tipologie studiate variano in base alla forma ed alla disposizione degli spazi bioclimatici. Questi includono gli ambienti comuni dell'atrio e della distribuzione con vuoti a tutta altezza, le logge vetrate dei singoli alloggi e le chiostrine di ventilazione comprese nello spessore degli edifici. Il loro contributo è stato valutato simulando il comportamento di edifici analoghi ma privi dei dispositivi e degli spazi sopra elencati ed evidenziati in giallo nelle piante, nonché delle torri di ventilazione. La distribuzione comune in questo caso avviene attraverso scale esterne.

Sono state individuate due forme base, il blocco e la linea, ognuna delle quali è stata testata in due varianti rispetto alla configurazione degli spazi suddetti: atrio bioclimatico centrale

**Modello a blocco con atrio bioclimatico a sud:**

dimensioni: 30 x 30 m

superficie calpestabile: 606 mq



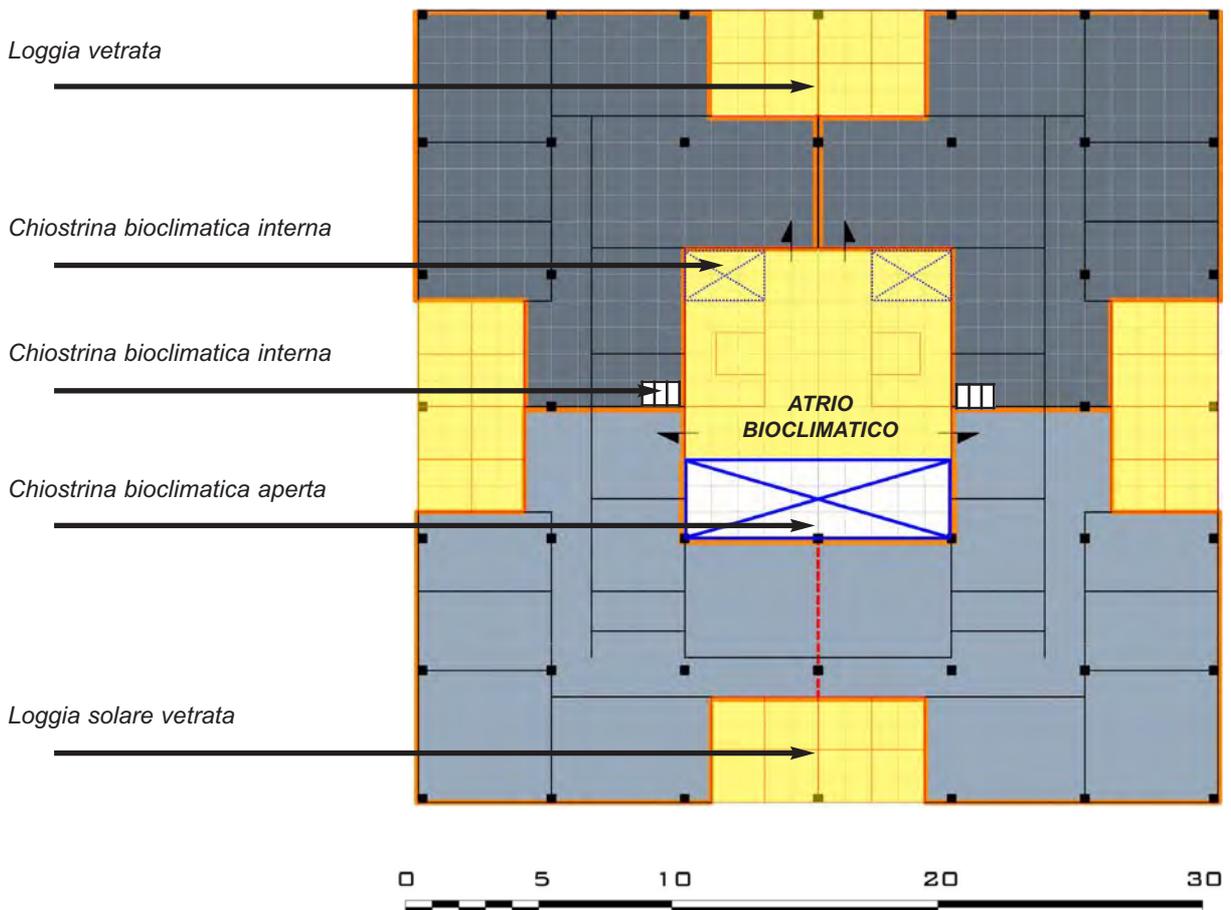
o in facciata a sud. tale posizionamento è significativo in quanto modifica l'intero sistema di ambienti. Nel caso della linea si è considerata una porzione limitata a 40 m, ma virtualmente estensibile all'infinito. Gli edifici qui descritti e utilizzati per le simulazioni rappresentano solo alcune delle possibili varianti rispetto al tipo ed al numero di alloggi,

- Blocco con atrio bioclimatico centrale

Si tratta di un edificio a pianta quadrata con un lato di 30 m che presenta alloggi di grande metratura disposti perimetralmente intorno ad un atrio centrale vetrato e ad una chiostrina aperta posta sul lato meridionale dello stesso, in modo da consentire un minimo di soleggiamento diretto. Al suo interno l'atrio ospita scale, ascensori e spazi comuni di distribuzione insieme a due affacci a tutta altezza concepiti per favorire la naturale circolazione dell'aria. I quattro appartamenti, ciascuno su un angolo del blocco, sono dotati di due logge vetrate situate sui due lati di affaccio esterni, in contiguità con quelle degli appartamenti confinanti. Sempre nelle zone di confine, ma in posizione più interna, si trovano la torri di ventilazione che raggruppano i condotti di immissione ed espulsione dell'aria di ricambio per le abitazioni.

Tipologia a blocco con atrio bioclimatico centrale:

Dimensioni: 30 x 30 m  
Superficie calpestabile: 694 mq



- Blocco con atrio bioclimatico a sud

Si distingue dal tipo precedente soprattutto per il fatto che lo spazio centrale di distribuzione è posto in continuità con le serre solari presenti sulla facciata meridionale dell'edificio, che comporta anche lo spostamento della chiostrina aperta a ridosso degli appartamenti a nord. La conformazione interna dell'atrio varia nella disposizione degli elementi ma non nella loro composizione che rimane sostanzialmente identica. Inoltre le logge vetrate sui restanti tre lati sono più larghe ma meno profonde. Anche il numero di alloggi per piano cambia da quattro a sei (che diventano però dei duplex), mentre la superficie calpestabile si riduce a 606 mq, pari al 67% del totale.

- Linea con atrio bioclimatico centrale

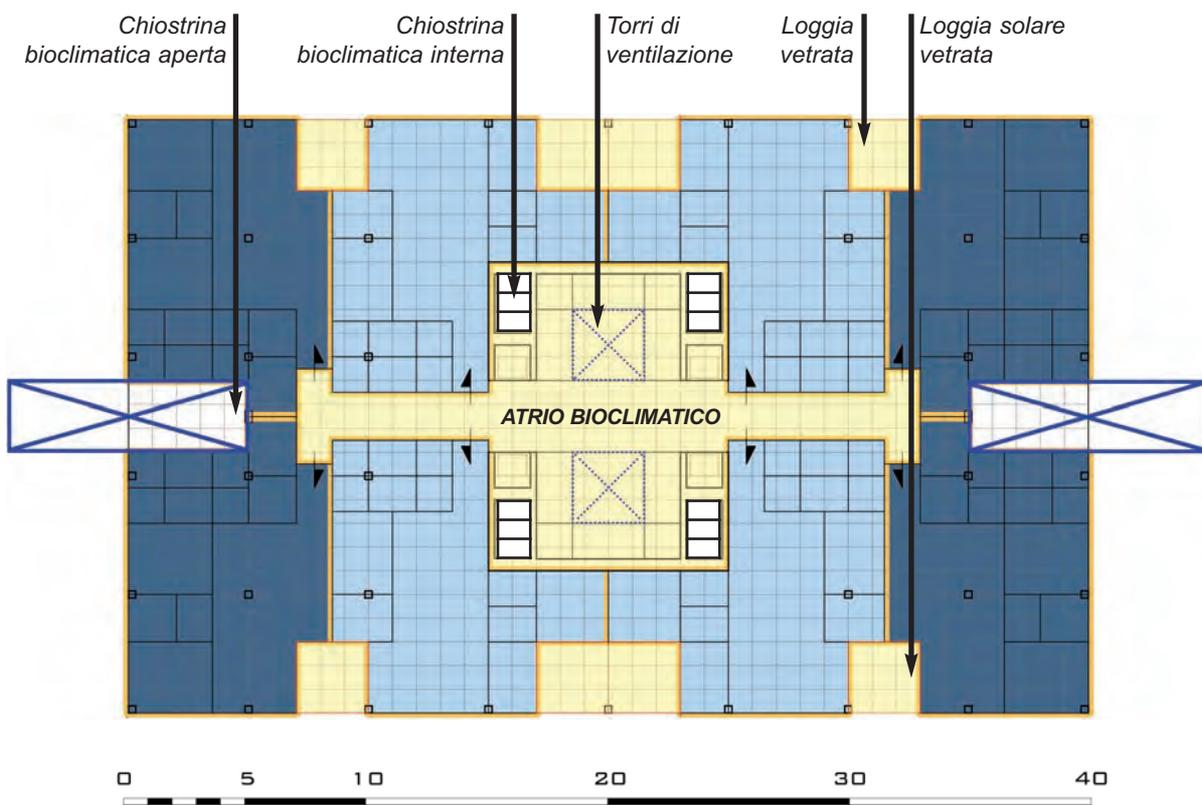
Come già specificato, le linee sono da intendersi come moduli di edifici più lunghi orientati con l'asse principale in direzione est-ovest. Le pareti corte vengono perciò considerate adiabatiche (non scambiano calore con l'esterno), dato che si troverebbero al confine con zone termiche in condizioni identiche a quelle che racchiudono.

Sono presenti due tipi di appartamento per un totale di otto alloggi duplex per piano, ognuno con una loggia vetrata. La

**Schema della tipologia a linea con atrio bioclimatico centrale:**

Dimensioni: 25 x 40 m

Superficie calpestabile: 856 mq



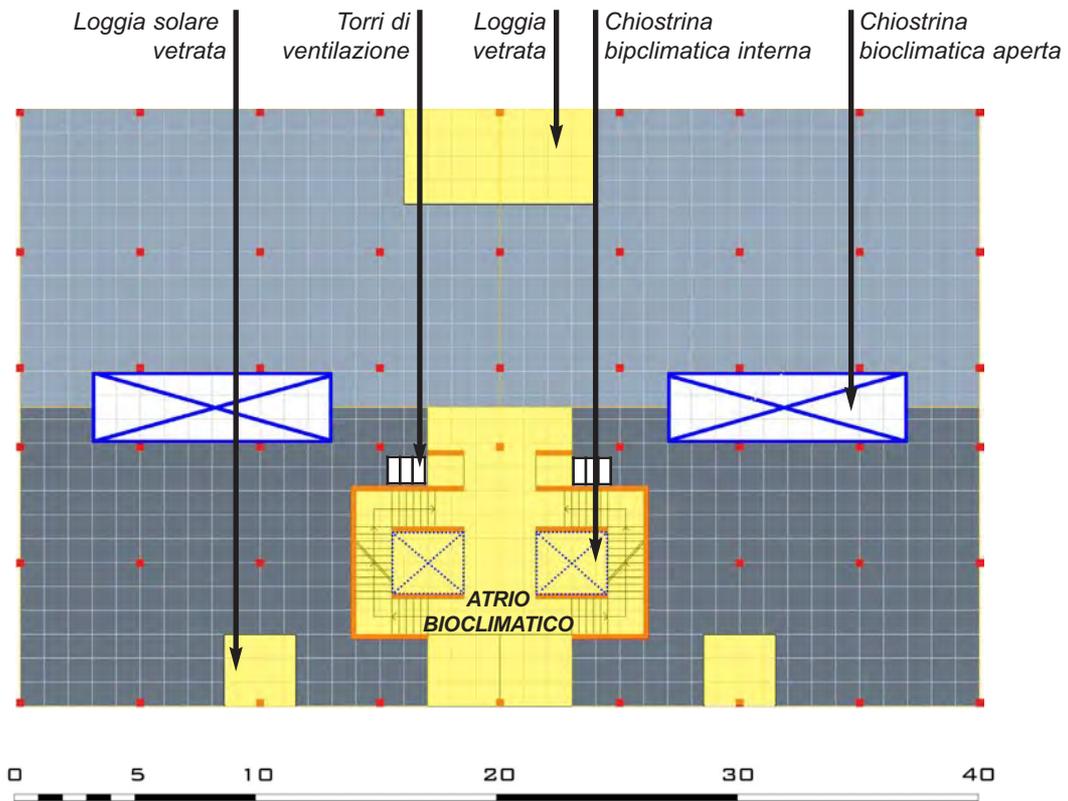
distribuzione comune avviene lungo una spina centrale che si interseca nel mezzo con il sistema di spazi centrali che raggruppa i due corpi scala, l'atrio, le chiostrine interne e le torri di ventilazione. Le chiostrine aperte sono due, inserite per metà nel modulo analizzato e per metà in quelli ad esso adiacenti.

- Linea con atrio bioclimatico a sud

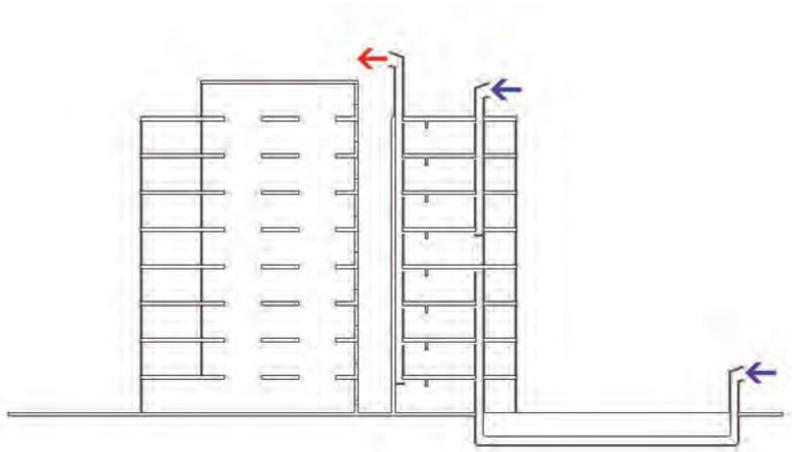
A differenza del tipo con atrio centrale presenta quattro alloggi simplex su ogni piano ed un sistema di spazi centrali più compatto, che mantiene però gli stessi elementi caratteristici: doppio corpo scala e ascensori, affaccio a tutta altezza e torri di ventilazione. Le chiostrine si trovano in posizione interna e l'attacco con gli altri moduli avviene per mezzo di una semplice parete cieca. Questa modifica comporta di fatto un raddoppio del numero complessivo chiostrine, (che diventano due per modulo) e di conseguenza un minore sfruttamento della superficie all'area occupata dall'edificio ed una minore compattezza.

Schema della tipologia a linea con atrio bioclimatico a sud:

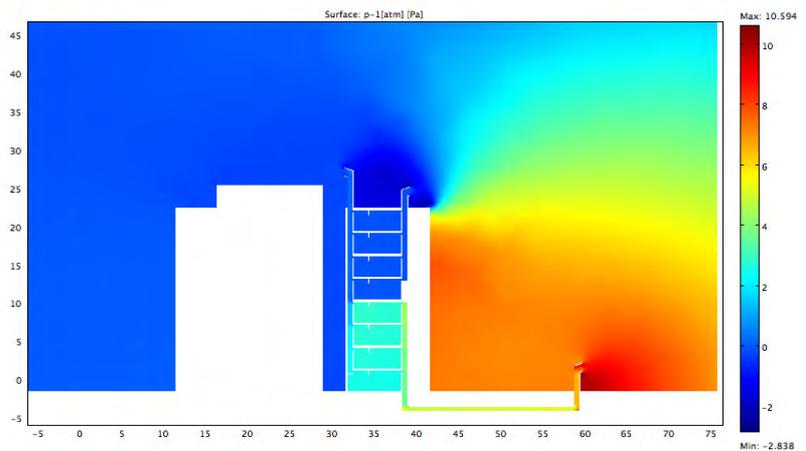
Dimensioni: 25 x 40 m  
Superficie calpestabile: 774 mq



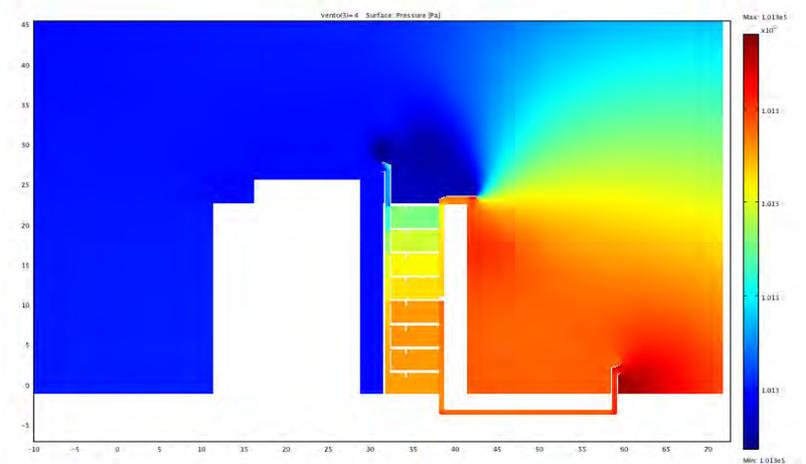
Schema di funzionamento delle torri di ventilazione con gli ingressi dell'aria in blu e l'uscita in rosso.



La prima soluzione testata; la differenza di pressione fra la ripresa e l'ingresso in basso garantisce un corretto funzionamento del sistema, mentre l'ingresso in alto ha una pressione quasi identica a quella della bocca di uscita che non consente quindi di mettere in moto il flusso d'aria desiderato.



La soluzione finale con una corretta distribuzione delle pressioni grazie al particolare posizionamento che sfrutta la brusca variazione di pressione in corrispondenza dell'angolo dell'edificio.



### **Tipologia a blocco con atrio bioclimatico centrale** **Ventilazione degli alloggi - Torri**

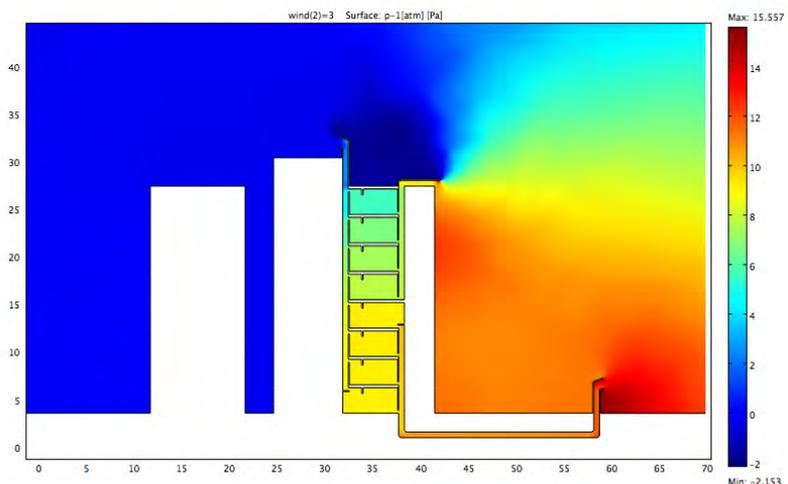
Il sistema prevede l'ingresso dell'aria attraverso due bocche esterne posizionate controvento, che servono un condotto interrato lungo 20 m ed una torre di raffreddamento evaporativa. L'espulsione avviene per mezzo di una bocca rivolta in direzione sottovento in cima ad una torre di estrazione. Quest'ultima serve tutti i piani dell'edificio mentre il condotto interrato e la torre evaporativa si limitano rispettivamente ai quattro piani bassi ed ai quattro piani alti. All'interno degli appartamenti le bocchette di ingresso sono posizionate in basso e quelle di estrazione in alto per sfruttare anche la convezione naturale e per favorire un ricambio più completo. Naturalmente la sezione rappresenta solo uno dei circuiti necessari a ventilare un edificio di dimensioni tanto estese.

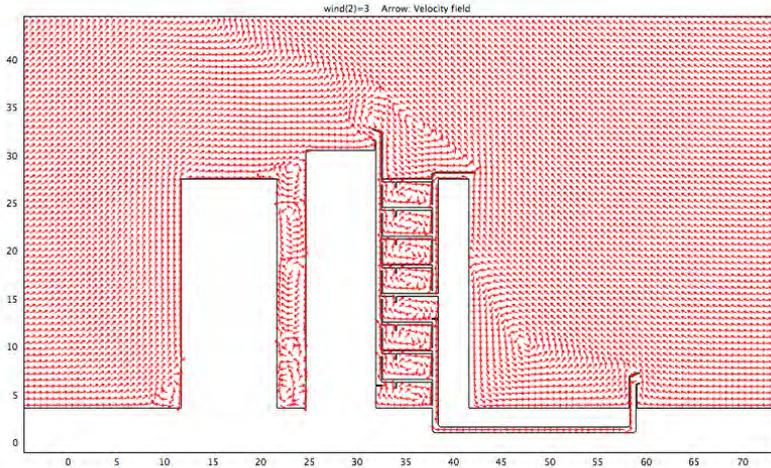
La distribuzione delle pressioni si presenta corretta sulle aperture delle canalizzazioni, ma è difforme all'interno degli alloggi con una variazione crescente dall'alto verso il basso, dovuta verosimilmente al maggiore tiraggio (e quindi depressione) della torre di estrazione agli ultimi piani. La variazione è comunque compensata dalla maggiore pressione esercitata sugli alloggi bassi dall'aria proveniente dal condotto interrato. In questo modo la differenza di pressione fra la bocchetta d'ingresso e d'uscita di ogni piano si mantiene pressochè costante, garantendo un ricambio d'aria abbastanza uniforme in tutti gli ambienti.

Osservando le rappresentazioni del flusso si può notare che il percorso principale dell'aria negli alloggi segue la via più diretta fra le due bocchette, innescando però una circolazione piuttosto importante che garantisce la movimentazione dell'aria in tutto lo spazio interessato, scongiurando la presenza di zone di ristagno.

#### **Campo di pressione differenziale con un vento di 3 m/s**

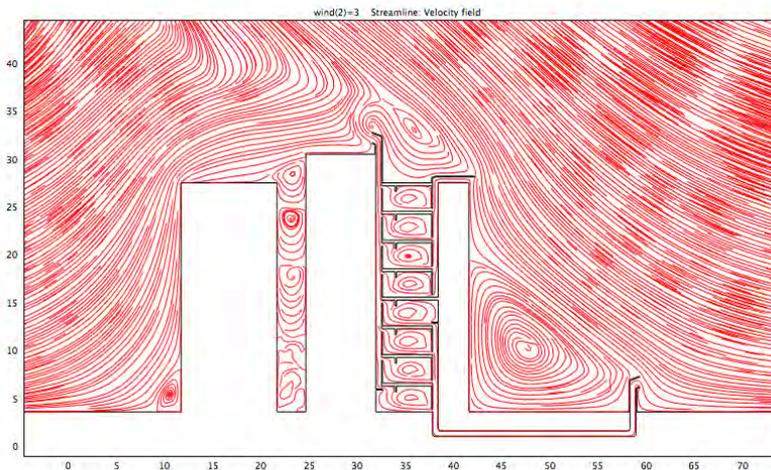
*La posizione delle bocchette di entrata e uscita è ottimizzata per sfruttare al meglio le differenze di pressione generate dal vento, dimostrando l'importanza delle simulazioni nel processo di progettazione dei sistemi passivi.*





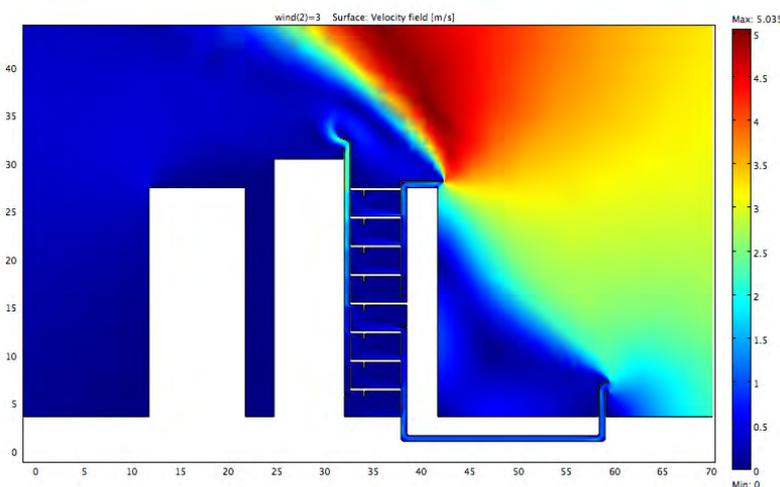
**Direzione della velocità con un vento di 3 m/s**

Analizzando la sezione in dettaglio si può verificare il corretto funzionamento delle aperture progettate per l'ingresso e l'uscita individuare ad esempio la presenza di flussi indesiderati tra ambienti interni (non presenti nel caso specifico).



**Linee di corrente con un vento di 3 m/s**

L'immagine a fianco e la seguente consentono di apprezzare facilmente l'influenza di ogni elemento geometrico nel determinare la dinamica dei flussi e del campo di pressione intorno all'edificio, ma anche le limitazioni di una simulazione bi-dimensionale che sovrastima l'importanza di elementi di profondità ridotta, come le bocchette d'ingresso e di usciati condotti interrati e torri evaporative.



**Campo di velocità con un vento di 3 m/s**

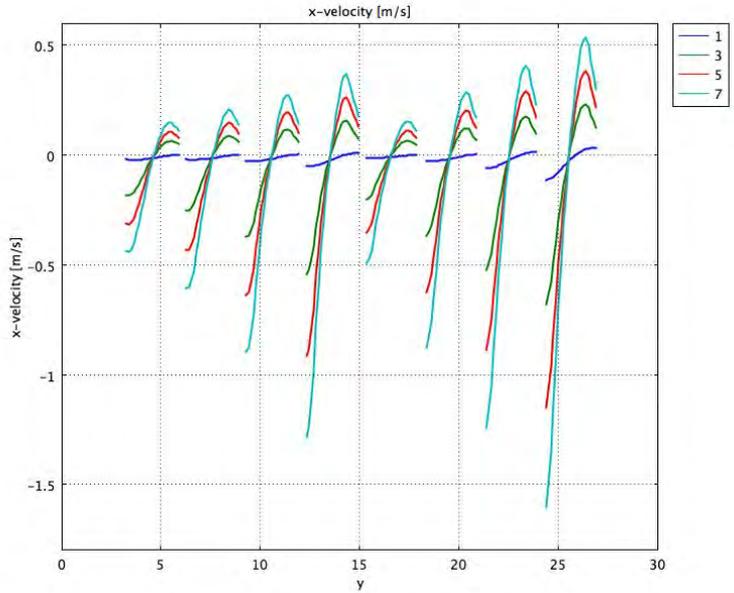
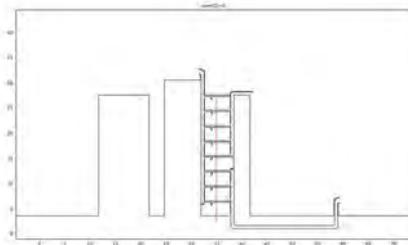
Come descritto per l'immagine precedente, la sezione evidenzia come l'efficacia dei sistemi possa essere influenzata da soluzioni di dettaglio, ma anche come le analisi (maggiormente quando le simulazioni sono semplificate) richiedano un'interpretazione esperta che tenga conto delle limitazioni dei metodi utilizzati.

**Velocità dell'aria nella sezione con un vento di 1, 3, 5, 7 m/s**

I risultati del grafico indicano potenziali problemi a velocità del vento più elevate, con valori eccessivi per spazi confinati (i valori negativi si riferiscono semplicemente a direzioni del flusso opposte).

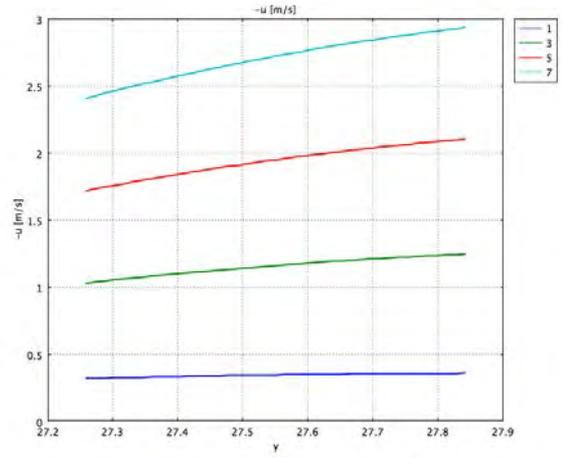
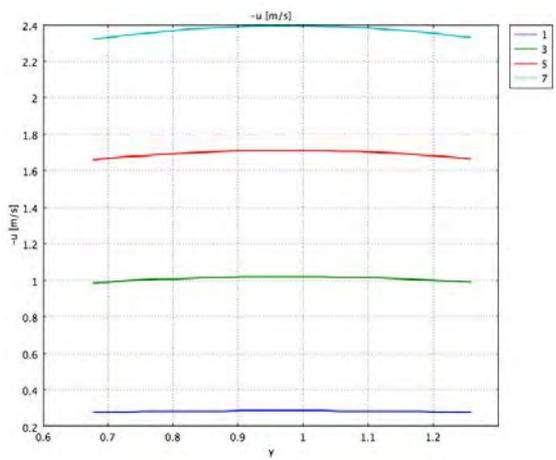
Questa dinamica comporta una velocità dell'aria all'interno degli alloggi prossima allo 0 ad un'altezza intermedia e crescente sia verso l'alto che verso il basso, anche se in direzione opposta. Le differenze fra i piani crescono all'aumentare dell'intensità del vento, con velocità maggiori negli appartamenti più alti, dove si raggiungono, con un vento di 7 m/s, punte di 1,5 m/s. In questi casi il flusso potrebbe essere ridotto attraverso la regolazione delle bocchette.

La media del ricambio calcolato negli alloggi varia con la velocità del vento da 0,2 a 1,4 volumi orari.



**Velocità dell'aria nei condotti con un vento di 1, 3, 5, 7 m/s**

I valori del grafico, che sembrano indicare un buon funzionamento dei condotti di ventilazione, sono probabilmente sovrastimate a causa dell'utilizzo di simulazioni bidimensionali, che sottostimano l'effetto dell'attrito della parete dei condotti.



Torre superiore  
Torre inferiore