Politecnico di Torino
Facoltà di Architettura e Design

Corso di Laurea Magistrale in
Architettura per il progetto sostenibile

SOLAR DECATHLON AFRICA.
Riflessioni intorno al concetto di *sostenibilità*

TESI DI LAUREA MAGISTRALE
a.a. 2018/2019

Candidata: Bianca Paula Tancau
Matricola: 239923

Relatrice: Francesca De Filippi
Correlatore: Roberto Pennacchio
Correlatore: Carlo Luigi Ostorero

INDICE

Abstract 4
Introduzione 6

PARTE I Solar Decathlon

Capitolo 1. Solar Decathlon-Periodi chiave dell'architettura solare
1.Origini Solar Decathlon-Contesto storico ante Crisi energetica 10
2.Movimento solare-post Crisi energetica 1973 18
3.Evoluzione-Filoni di sostenibilità nell'edilizia 22

Capitolo 2. Concetto di casa solare
1.Cos' è una casa solare 24
2.Sistemi solari passivi 24
3.Sistemi solari attivi 26
4.Concetto n-ZEB (zero building energy) 27
5.Efficienza energetica-Principi e strategie 28

Capitolo 3. Solar Decathlon-Obiettivi. Funzionamento. Criteri
1.Istituzione e Sponsor organizzativi Solar Decathlon 30
2.Il funzionamento 30
3.Obiettivi delle competizioni 31
SDE 2014, SD LAC 2015, SD 2017, SDME 2018, SDA 2019
4.Regolamento del concorso SD 2017 38
4.1Descrizione dei 10 Criteri di valutazione 38
SDE 2014, SD LAC 2015, SD 2017, SDME 2018
4.1.1Architettura 40
4.1.2Potenziale di mercato 40
4.1.3Ingegneria 40
4.1.4Comunicazione 41
4.1.5Innovazione 41
4.1.6Acqua 41
4.1.7Salute e comfort 41
4.1.8Elettrodomestici 42
4.1.9Vita quotidiana 42
4.1.10Energia 42
4.1.11Integrazioni criteri SDE 2014 e/o SD LAC 2015 e/o SDME 2018 43
5.Premi e menzioni speciali 44

PARTE II Africa delle città

Capitolo 1. Africa: habitat e questioni energetiche
1. Workshop Benguerir - Hands on Solar Decathlon Africa 48
1.1. Tendenze demografiche e livelli di urbanizzazione 48
1.2. Integrare la Resilienza nelle città 52
1.3. Approccio multiscala e interdisciplinare 54
1.3.1. Approccio ecotecnologico in Marocco-Solar Decathlon Africa 54
2. Habitat formale e informale-slum 63
2.1. Segregazione o Comunità 65
3. Questioni energetiche 65
3.1. Il ruolo dell'energia nello sviluppo-rapporto città-energia 66
3.2. Efficienza energetica nel settore edilizio-vantaggi 67
Capitolo 2. Confronto-Obiettivi Solar Decathlon *versus* Habitat africano 69
Capitolo 3. Parametri di analisi-Descrizione
1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana 71
2. Materiali-tipologia, provenienza, certificazioni ambientali 72
3. Trasporto-distanza e tipologia 73
4. LCA-considerazione del *Life cycle assesment* 74
5. Accessibilità economica 75
6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico 77
7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo estimativo, posizionamento, certificazione 78
8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo 80
9. Acqua-strategie di raccolta/uso 80
10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio 81

PARTE III Analisi critica progetti vincitori Solar Decathlon

Progetti vincitori edizioni 2002-2018 84
Posizionamento attuale
Capitolo 1. Analisi progetti vincitori
Premessa 86
Progetti vincitori SD USA
2002 – Progetto BASE+concept 88
2005 – Progetto BioS(h)IP 100
2007 – Progetto MADE IN GERMANY 112
2009 – Progetto surPLUShome 124
2011 – Progetto Watershed 136
2013 – Progetto LISI 148
2015 – Progetto SURE HOUSE 160
2017 – Progetto NeighborHub 172
Conclusioni di fine analisi SD 184
Progetti vincitori SDE
2010 – Progetto LumenHAUS 186
2012 – Progetto Canopea House 198
2014 – Progetto RhOME for denCITY 210
Conclusioni di fine analisi SDE 222
Progetti vincitori SDC
2013 – Progetto Illawarra Flame House 224
2018 – Progetto Long Plan Team SCUT-POLITO 236
Progetto vincitore SD LAC
2015 – Progetto Casa Uruguaya 248
Progetto vincitore SDME
2018 – Progetto FutureHAUS 260
Conclusioni di fine analisi SDC, SD LAC, SDME 272
Capitolo 2. Conclusioni 274
Capitolo 3. Bibliografia e Sitografia 278

Abstract

Dal 2002 ad oggi sono state costruite più di 360 case solari nell'ambito delle competizioni Solar Decathlon con più di 37 000 partecipanti tra studenti e accademici e oltre un milione e mezzo di visitatori. Il Solar Decathlon è una competizione internazionale tra università, istituito dal Dipartimento dell'Energia (DOE) degli Stati Uniti d'America, nel 2002. Gli studenti partecipanti devono progettare, costruire e gestire una casa n-ZEB, energeticamente autosufficiente, alimentata interamente da energia solare. Il fenomeno Solar Decathlon è in una fase di espansione e interessa molte figure che variano dall'ambito accademico alle corporazioni internazionali, dagli studenti ad agenzie governative, identificare il suo ruolo diventa una prerogativa per stabilire la sua efficacia nei vari contesti in cui è proposto.
L'argomento trattato in questa tesi può essere riassunto in 3 parole Solar-Decathlon-Africa (Solare-Dieci-Africa), dieci parametri per stabilire se il movimento solare può essere un contributo positivo per l'Africa. Il percorso di sviluppo dell'argomento di tesi si basa sulla mia esperienza, come decathlete nella competizione Solar Decathlon Africa 2019, membro del Team Inter House e rappresentate della squadra italiana, parte architettonica. Inter House è una squadra di studenti e professori provenienti da 3 continenti diversi: Africa, America, Europa e quattro atenei Université Cadi Ayyad, École Nationale D'Architecture Marrakech, École Nationale des Sciences Appliqués Safi, Colorado School of Mines e Politecnico di Torino; che ricoprono diversi ambiti disciplinari dall'architettura, all'ingegneria, alla comunicazione, al marketing con l'obiettivo di realizzare una casa n-ZEB per vincere la competizione. Grazie a questa collaborazione e al viaggio a Marrakech per la partecipazione al secondo workshop Hands on Solar Decathlon Africa ho avuto la possibilità di sperimentare e conoscere in prima persona una parte del contesto africano. Sperimentare come i marocchini vivono la loro città, quali sono le loro abitudini, la loro architettura, la loro cultura, il loro cibo, il materiale e colore tipico. Questo mi ha portato a riflettere sull'impatto che può avere una competizione come il Solar Decathlon su questo territorio. La ricerca effettuata in questo lavoro di tesi è orientata a stabilire la possibile efficacia della competizione Solar Decathlon nel produrre prototipi di abitazione adatti alle esigenze del contesto africano, in relazione alle tendenze dell'incremento demografico, dell'urbanizzazione e dell'elettrificazione per contribuire allo sviluppo sostenibile inteso nella sua triplice dimensione (sociale, economica, ambientale) e a individuare le criticità e le potenzialità che ruotano intorno a questa esperienza globale. La ricerca si svolge in fasi successive di elaborazione, seguendo un processo di sintesi storica e di analisi, in primis dell'habitat africano e successivamente dei progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018.

Parole chiavi: Solar Decathlon, Solar Decathlon Africa, Sostenibilità edilizia, Sviluppo Sostenibile, Urbanizzazione Crescita demografica, Elettrificazione

Abstract (english)

Since 2002, more than 360 solar houses have been built in the Solar Decathlon competitions with more than 37,000 participants including students and academics and over 1.5 million visitors. The Solar Decathlon is an international university competition, established by the Department of Energy (DOE) of the United States of America in 2002. Participating students must design, build and operate an n-ZEB house, energy self-sufficient, powered entirely by solar energy. The Solar Decathlon phenomenon is in an expansion phase and involves many figures ranging from academia to international corporations, from students to government agencies, identifying its role becomes a prerogative to establish its effectiveness in the various contexts in which it is proposed.
The topic covered in this thesis can be summarized in 3 words Solar-Decathlon-Africa (Solar-Dieci-Africa), ten parameters to determine if solar movement can be a positive contribution to Africa. The development path of the thesis topic is based on my experience, as a decathlete in the competition Solar Decathlon Africa 2019, member of the Inter House Team and representative of the Italian team, architectural part. Inter House is a team of students and professors from 3 different continents: Africa, America, Europe and four universities Université Cadi Ayyad, École Nationale D'Architecture Marrakech, École Nationale des Sciences Appliqués Safi, Colorado School of Mines and Polytechnic of Turin, which cover different disciplines from architecture, engineering, communication, marketing with the aim of creating a house n-ZEB to win the competition. Thanks to this collaboration and the trip to Marrakech for the participation in the second workshop Hands on Solar Decathlon Africa, I had the opportunity to experience and get to know a part of the African context. To experience how Moroccans live their city, what are their habits, their architecture, their culture, their food, their material and their typical color. This led me to reflect on the impact that a competition like the Solar Decathlon can have on this territory. The research carried out in this thesis is aimed at establishing the possible effectiveness of the competition Solar Decathlon in producing prototypes of housing suited to the needs of the African context, in relation to trends in population growth, urbanization and electrification to contribute to sustainable development understood in its threefold dimension (social, economic, environmental) and to identify the critical issues and potential that revolve around this global experience. The research is carried out in successive phases of elaboration, following a process of historical synthesis and analysis, first of all of the African habitat and then of the winning projects of the Solar Decathlon editions from 2002 to 2018.

Key words: Solar Decathlon, Solar Decathlon Africa, Building sustainability, Sustainable development, Urbanisation, Population growth, Electrification

Introduzione

Il Solar Decathlon è una competizione internazionale tra università, istituito dal Dipartimento dell'Energia (DOE) degli Stati Uniti d'America, nel 2002. Gli studenti partecipanti devono progettare, costruire e gestire una casa n-ZEB, energeticamente autosufficiente, alimentata interamente da energia solare. I vincitori della competizione sono coloro che riesco a intrecciare al meglio il design architettonico ed ingegneristico all'innovazione, al potenziale di mercato, all'efficienza energetica e alla produzione di energia rinnovabile. Le case sono valutate attraverso 10 criteri, che possono variare a seconda delle diverse edizioni. Il successo riscontrato nelle edizioni americane, il crescente interesse verso la sostenibilità edilizia, la necessità di trovare un'alternativa alle risorse fossili per produrre energia e la necessità di ridurre il consumo energetico degli edifici, ha portato all'espansione della competizione su altri territori. Nel 2010 viene istituito il primo Solar Decathlon Europa a Madrid, Spagna riproposto nel 2012 e nel 2014 a Versailles, Francia; in Asia nel 2013 a Datong e nel 2018 a Dezhou; in America Latina nel 2015 a Cali, Colombia; in Medio Oriente nel 2018 a Dubai. Lo scopo della competizione è promuovere tecnologie e soluzioni architettoniche innovative, sensibilizzare e responsabilizzare i partecipanti e il pubblico riguardo i temi della sostenibilità, l'efficienza energetica, l'uso delle risorse e produzione dell'energia da fonte solare.

Gli argomenti chiave trattati in questa tesi riguardano il Solar Decathlon e la sostenibilità edilizia. La scelta di approfondire le conoscenze di questi argomenti scaturisce della mia partecipazione (come componente della squadra italiana all'interno del Team Inter House) alla competizione Solar Decathlon Africa 2019 (le competizioni Solar Decathlon sono considerate le "Olimpiade dell'architettura solare") e in particolare al secondo workshop Hands on Solar Decathlon Africa -The commitment to green technologies, innovation and the educational transformation of Africa, nella città di Ben Guerir in Marocco. Grazie agli sforzi comuni della squadra Inter House siamo riusciti a posizionarci secondi nella classifica ufficiale, composta da 20 squadre e beneficiare dei 50 000 $ sponsorizzati dagli istitutori della competizione ai classificati. L'esperienza della partecipazione ha messo in evidenza una serie di difficoltà e di incompatibilità di gestione e organizzazione, oltre che di proposte di soluzioni tecnico-progettuali, che hanno impedito il proseguimento per arrivare alla terza fase e quindi alla costruzione del progetto, così come descritto nella Parte II. In seguito alla collaborazione con il Team Inter House e alla partecipazione al workshop è stata stabilita l'impostazione del lavoro di tesi in una suddivisioni per parti delle informazioni elaborate (Solar Decathlon, Africa delle città, Analisi critica progetti vincitori) volta ad abbracciare una visione più ampia del processo progettuale, che vada oltre la dimensione architettonica promossa dalla competizione Solar Decathlon, al fine di approfondire le conoscenze nell'ambito della sostenibilità, capire la complessità di un progetto di architettura nell'attualità delle problematiche globali causate dal rapporto città-abitante-costruttore, capire come l'architettura può influire la vita delle persone e l'ecosistema naturale. Il lavoro svolto in questa tesi può essere riassunto in 3 parole Solar-Decathlon-Africa (Solare-Dieci-Africa), dieci parametri per stabilire se il movimento solare promosso dal Solar Decathlon può essere un contributo positivo per le città dell'Africa.

La ricerca effettuata è orientata a stabilire la possibile efficacia della competizione Solar Decathlon nel produrre prototipi di abitazione adatti alle esigenze del contesto africano, in relazione alle tendenze dell'incremento demografico, dell'urbanizzazione e dell'elettrificazione per contribuire allo sviluppo sostenibile inteso nella sua triplice dimensione (sociale, economica, ambientale) e a individuare le criticità e le potenzialità che ruotano intorno a questa esperienza globale. La ricerca si svolge in fasi successive di elaborazione, seguendo un processo di sintesi storica del movimento solare e di analisi, in primis dell'habitat africano e successivamente dei progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018. La metodologia di analisi dei quindici progetti vincitori (partecipanti alle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018, organizzate nei 6 paesi Stati Uniti d'America, Spagna, Francia, Cina, Colombia, Emirati Arabi Uniti) si basa su dieci parametri. L'identificazione dei parametri prende in considerazione i principi di sostenibilità edilizia, i 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile e la complessità multifattoriale di questo vasto continente (conflitti civili, tendenza alla scarsità delle risorse, altissimo livello di povertà, denutrizione, analfabetismo, scarsità di servizi igienici, disuguaglianze di genere, disuguaglianze sociali, discrepanze economiche).

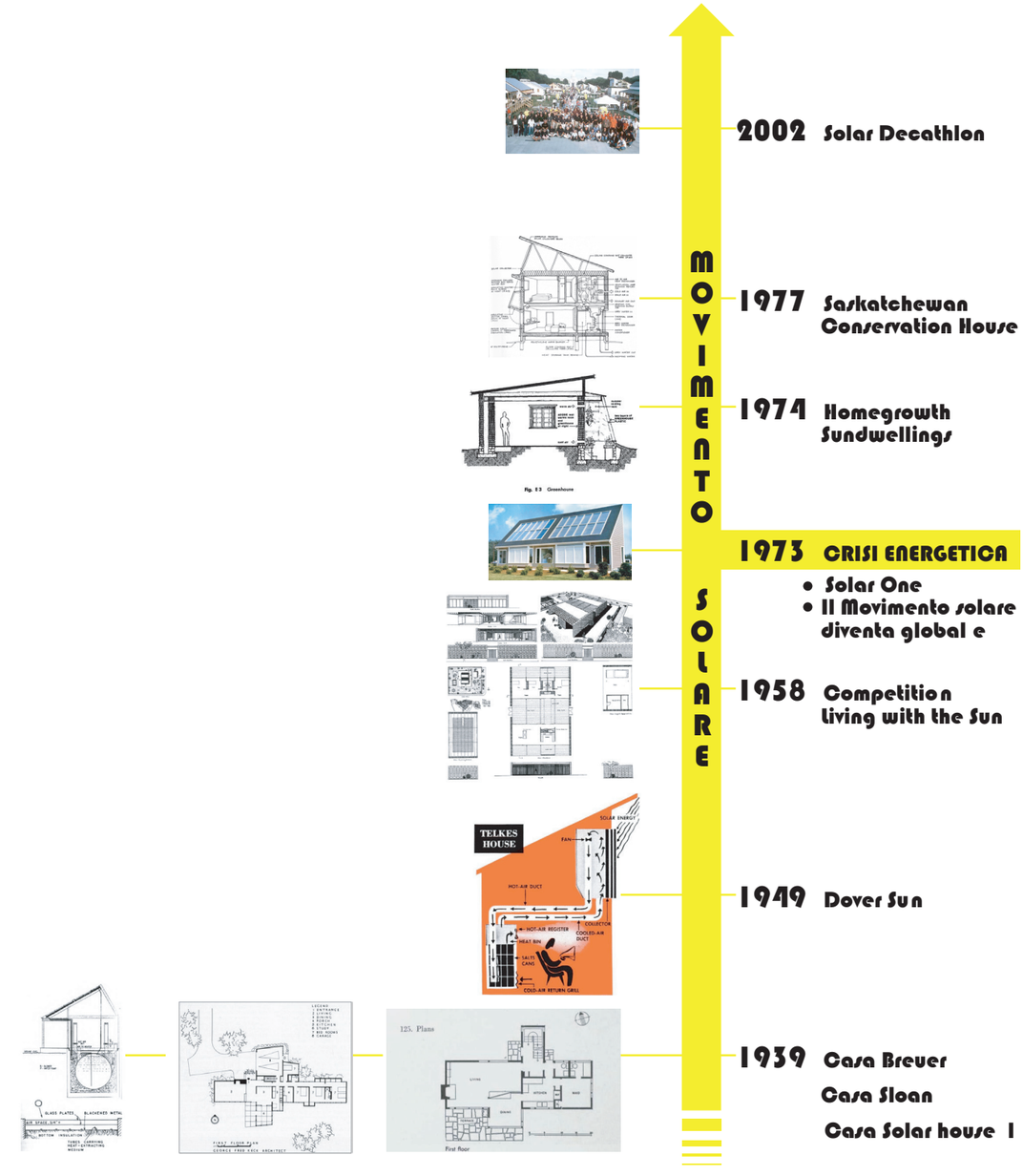
La prima parte della tesi è volta a individuare i periodi chiave e i progetti sperimentali che hanno contribuito all'istituzione del Solar Decathlon nel formato attuale e a stabilire come l'architettura solare si è evoluta nel periodo post Crisi Energetica. Infatti con la Crisi Energetica del 1973 si evidenziò la dipendenza degli Stati Uniti e dei paesi europei da risorse fossili per la produzione di energia, risorse monopolizzate dai paesi dell'OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries), fatto che determinò un incremento delle sovvenzioni pubbliche e private nell'ambito della ricerca, per trovare fonti alternative per la produzione di energia e strategie di guadagno termico passive e attive da applicare nel settore edilizio sempre più efficienti. Inoltre l'evento fece diffondere negli anni successivi il tema della "crisi ecologica" causato dal "modello di sviluppo industrial-urbano" anche a livello politico internazionale. Furono messi in evidenza i problemi derivanti dall'inquinamento e dalla crescita demografica, il ruolo strategico delle fonti alternative di energia e fu dato "grande risalto al ruolo della pianificazione – che, specie a una scala urbana, deve saper coniugare «vantaggi sociali, economici ed ecologici»," tematiche riassunte con l'espressione sviluppo sostenibile nel Rapporto Brundtland presentato per la prima volta in occasione della Conferenza di Rio de Janeiro nel 1992.

La seconda parte si sofferma sull'analisi del contesto delle città dell'Africa. Questo continente ricco di culture, tradizioni, colori e sapori diversi è considerato uno dei più poveri del mondo attuale. Le Nazioni Unite stimano che circa il 60% degli abitanti delle città vive in strutture informali, senza l'accesso all'acqua potabile, ad un alloggio sicuro e sano, senza l'accesso a sistemi igienico-sanitari e fognari, senza accesso all'elettricità, senza accesso all'educazione e impossibilità di migliorare la loro condizione. Inoltre dato il crescente aumento demografico che, nei prossimi vent'anni interesserà maggiormente il territorio africano, e la tendenza all'urbanizzazione, questa situazione di degrado e disaggio a cui sono obbligate a vivere milione di persone andrà ad accentuarsi peggiorando, incrementate anche dalle instabilità economico-politiche, ma soprattutto dal cambiamento climatico che determina l'istaurarsi di fenomeni meteorologici sempre più devastanti e incisivi. In questa parte sono affrontati argomenti quali resilienza urbana, approccio multiscala e multidisciplinare, energia ed efficienza energetica per evidenziare quali sono i rapporti tra essi e le città, e quali impatti possono determinare sulla società nel caso in cui sono applicati oppure non. Per evidenziare l'approccio e la logica sostenibile promossa dalla competizione Solar Decathlon e come queste strategie rispondono alla domanda di alloggi della fascia di popolazione più ampia urbana, è riportato come esempio il progetto Inter House partecipante alla competizione africana, con un focus sulle fasi principali, sulla struttura, i materiali e le varie tecnologie applicate.

L'ultima parte della tesi è orientata ad evidenziare le criticità e le potenzialità del Solar Decathlon e ad evidenziare se i progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018 rispondono alle tendenze di crescita urbana, urbanizzazione ed elettrificazione nell'ottica dello Sviluppo Sostenibile.
La metodologia di analisi dei quindici progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018, si basa sull'utilizzo dei seguenti parametri: consumo del suolo, materiali, trasporto, Life cycle assesment, accessibilità economica, integrazione con il contesto culturale, impianto fotovoltaico, condizione di comfort, acqua e gestione dei rifiuti organici. Utilizzando questa metodologia di analisi, impostata per ogni progetto, si ottengono una serie di informazioni che delineano criticità e potenzialità riguardanti gli approcci progettuali e costruttivi, i materiali, i sistemi tecnologici e tendenze nel settore edilizio, costruttivo, il consumo di risorse, ma soprattutto consente di evidenziare la tendenza del Solar Decathlon nel settore edilizio.

PARTE I

SOLAR DECATHLON



Capitolo 1.
Solar Decathlon-Periodi chiave dell'architettura solare

1.Origini Solar Decathlon-Contesto storico ante Crisi energetica

Solar Decathlon è una competizione tra studenti provenienti da diversi atenei. È stato istituito dal DOE[1] nel 2002, negli Stati Uniti d'America in risposta alle problematiche riguardanti la fornitura e l'utilizzo dell'energia. L'Agenzia governativa americana *Energy Information Administration,* aveva elaborato già nel 2000 un documento, dove evidenziava studi riguardanti il consumo di energia a livello nazionale in diversi settori tra cui quello edilizio e del trasporto. Allora circa l'86% del consumo totale annuo di energia proveniva dalla combustione di combustibili fossili - carbone, petrolio e gas naturale e solo il 4% da fonti rinnovabili; il solo settore edilizio (residenziale e commerciale) era responsabile del 39% del consumo totale di energia. Ed è proprio in risposta alla questione del consumo energetico nel settore residenziale, che è stata istituita la competizione. Solar Decathlon infatti nasce con l'obiettivo di promuovere la progettazione e costruzione, da parti di team interdisciplinari, di case solari n-ZEB[2], energeticamente autosufficienti, la cui energia elettrica sia prodotta in sito da fonte solare. Dal 2010 l'organizzazione Solar Decathlon si è espansa a livello internazionale, in Europa, in Asia, in America Latina, nel Medio Oriente e in Africa. La competizione è intesa come un laboratorio espositivo internazionale di sperimentazione, dove tecnologie e materiali innovativi sono applicati a casi concreti e dove la ricerca porta avanti nuove soluzioni per un futuro più decarbonizzato[3] nell'edilizia residenziale. In seguito è proposto un percorso cronologico dei periodi chiave dell'architettura solare, concetto che sta alla base della competizione per mettere in evidenza le ragioni che hanno portato all'istituzione del Solar Decathlon nell'attuale *format*.

Il concetto alla base del Solar Decathlon può essere considerato come un'evoluzione dei principi dell'I*nternational Style* e delle sperimentazioni delle case solari realizzate tra la fine degli anni Trenta e Ottanta del Novecento negli Stati Uniti. A partire dagli anni Trenta, gli Stati Uniti erano infatti un terreno fertile per l'elaborazione delle caratteristiche dell'architettura moderna (formulate durante il Movimento Moderno, in Europa). I principi fondamentali del nuovo stile quali tetti piani, griglie strutturali, piani orizzontali aggettanti, finestre a nastro, volumetrie rettangolari, che erano stati descritti da Henry-Russell Hitchcock e Philip Johnson nel libro *The International Style* nel 1932, (Curtis, 2006)[4] diventarono gli elementi principali delle nuove case monofamiliari che, a partire dalla metà degli anni Trenta, proliferano nelle periferie delle grandi città americane. Inoltre alcuni architetti europei esponenti del Movimento Moderno, tra cui Walter Gropius e Marcel Breuer erano emigrati in America in quegli anni, portando con loro le conoscenze ed esperienze nel campo dell'edilizia. La figura di Walter Gropius diventò essenziale per lo sviluppo dell'architettura solare in America in quanto, contribuì attraverso i suoi studi sull'architettura eliotermica[5] all'elaborazione dei principi che stanno alla base del concetto di casa solare passiva. Gropius ha avuto modo di diffondere le sue conoscenze alle nuove generazioni di architetti americani, quando nel 1937 occupò la posizione di presidente del Dipartimento di Architettura alla *Harvard Graduate School of Design* e gli furono commissionate una serie di progetti di case unifamiliari nelle periferie del Massachusetts. Tra i progetti di maggiore rilevanza che riportarono le principali caratteristiche della casa moderna e le prime strategie solari utilizzate per migliorare il comfort e la salute degli abitanti, furono le abitazioni private per Marcel Breuer e James Ford entrambe a Lincoln, Massachusetts nel 1939. (*A House in the Sun*, 2016)[6] Grandi aperture trasparenti orientate verso Sud, sistemi di ombreggiamento mobili o fissi in risposta alle condizioni di irraggiamento locale, tetto piano, utilizzo di materiali locali quale legno al posto del calcestruzzo armato, la serra solare che funge da spazio cuscinetto e pianta libera che favorisce le connessioni visive, sono gli elementi utilizzati da Gropius in questi progetti. Negli stessi anni, a Chicago, emerge la figura di un altro architetto, George Fred Keck, che condivide gli stessi interessi sull'architettura moderna e solare e su alcune pratiche d'insegnamento di Gropius a tal punto che, nel 1937 decise di fondare insieme all'artista Laszlo Moholy-Nagy,[7] da poco emigrato negli Stati Uniti, *The New Bauhaus*[8] (dal 1949 *Illinois Institute of Technology*, Chicago). L'approccio interdisciplinare tra arte, tecnologia e scienza, promosso dagli esponenti del Nuovo Bauhaus, si rifletteva nelle pratiche pedagogiche di Maholy-Nagy e nei progetti architettonici di Keck. Secondo la loro visione *"the whole field of contemporary architecture and design must be based upon an indivisible unification of formerly separated and independent fields."*[9] Partendo da questi presupposti, Keck elaborò

1 DOE è l'acronimo inglese di Department of Energy, Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti d'America. DOE è una frazione del Governo degli Stati Uniti d'America che gestisce le infrastrutture nucleari dello Stato e amministra la politica energetica del paese. Il Dipartimento dell'Energia finanzia anche la ricerca scientifica sul campo. La missione del Dipartimento dell'Energia è di garantire la sicurezza e la prosperità dell'America affrontando le sfide energetiche, ambientali e nucleari attraverso soluzioni scientifiche e tecnologiche trasformative.
Fonte:https://www.usa.gov/federal-agencies/u-s-department-of-energy

2 n-ZEB è l'acronimo inglese di nearly Zero Energy Building, Edifici a energia quasi zero. Questa espressione indica una tipologia di edifici con un basso quasi nullo consumo di energia per il riscaldamento, il raffrescamento e il funzionamento delle apparecchiature elettriche ed elettroniche della casa. L'energia utilizzata è prodotta in sito o nelle vicinanze da fonti rinnovabili. Nelle case a energia quasi zero l'intento è di ridurre il trasferimento di energia tra interno ed esterno, mentre per le case solari si cerca di adottare una serie di strategie passive che favoriscano la captazione dell'energia solare al fine di ridurre il consumo energetico per il riscaldamento. Gli argomenti casa solare e casa n-ZEB sono approfonditi nel Capitolo 2, Parte I.

3 Il termine "decarbonizzazione" indica la diminuzione dell'intensità di emissione di anidride carbonica in un dato processo.

4 W.J.R. Curtis, L'architettura moderna dal 1900, Phaidon, Londra, 2006, p.257.

5 Walter Gropius elabora verso la fine degli anni Venti insieme ai colleghi e gli studenti della Scuola del Bauhaus, una serie di diagrammi schematici per indicare il giusto orientamento degli edifici residenziali e la relazione tra l'altezza degli edifici e la distanza tra di essi per permettere agli ambienti interni, il giusto apporto di luce e ventilazione naturale, allo scopo di migliorare la salute degli abitanti.

6 D.A. Barber, A House in the Sun, Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War, Oxford University press, Stati Uniti d'America, 2016, p.17.

7 Laszlo Moholy Nagy fu un pittore e fotografo che collabora e insegna alla Scuola del Bauhaus dal 1923. Moholy-Nagy fu il rappresentante per eccellenza della fotografia, scenografia cinematografica e teatrale del Bauhaus.

8 Nella scuola di specializzazione New Bauhaus di Chicago (1937-1949) la pratica pedagogica proposta dai nuovi esponenti, Maholy-Nagy e Keck è incentrata sulla "triade arte-tecnologia-scienza" e quindi si concentra sul "valore di comfort tattile e sugli aspetti sensoriali" allontanandosi dal "formalismo tecnico-costruttivo" del Bauhaus di Dessau. Fonte: www.newbasicdesign.com

9 "L'intero ambito dell'architettura e del design contemporaneo deve basarsi su un'unificazione indivisibile di ambiti precedentemente separati e indipendenti." Fonte: www.thenewbauhaus.com

e sviluppò i principi della casa solare, che sfrutta l'irraggiamento solare diretto per riscaldare gli interni delle abitazioni, attraverso l'integrazione tra architettura, tecnologia e innovazione. Il guadagno termico passivo era garantito da un orientamento ottimale delle aperture trasparenti, dai sistemi di ombreggiamento orientabili e accumulatori di calore. Il suo approccio interdisciplinare era evidenziato da continue collaborazioni con diverse aziende locali e centri di ricerca di Chicago per promuovere nuovi materiali da costruzione e nuove strategie passive, al fine di massimizzare il guadagno termico passivo e l'isolamento. (*A House in the Sun*, 2016) La casa unifamiliare *Sloan House*[10] del 1939 fu il primo esempio architettonico di Keck che concentrava i principi della casa moderna sintetizzati da Gropius con quelli della casa solare, attraverso uno studio diagrammatico che metteva in correlazione la sporgenza del tetto e l'incidenza solare stagionale. Un'ulteriore attenzione alla conservazione dell'energia termica si ottenne attraverso l'uso del doppio vetro (allora considerato un materiale innovativo) nella facciata sud per massimizzare sia l'isolamento che il guadagno termico e attraverso l'esposizione delle zone giorno e notte a sud, mentre gli spazi distributivi e di servizio a nord.

Nello stesso periodo in cui si verificarono le sperimentazioni sulle strategie passive, applicate alle residenze unifamiliari per garantire il comfort interno e ridurre il consumo di energia per il riscaldamento, vi furono una serie di sperimentazioni in ambito ingegneristico, incentrate sullo sviluppo di nuove tecnologie solari basate sui sistemi meccanici attivi. L'intento di queste sperimentazioni era di ridurre la dipendenza da fonti fossili per il riscaldamento delle abitazioni e promuovere la ricerca di tecnologie alternative per produrre l'energia elettrica. Il ruolo della tecnologia nei settori costruttivo ed energetico per garantire lo sviluppo ed il benessere globale, diventò uno dei temi più dibattuti dai ricercatori, dai professionisti, dagli enti governativi e non governativi nel periodo che va dagli anni Quaranta ai Cinquanta. La causa fu la Seconda Guerra Mondiale che, al di là degli forti squilibri economici e politici, lasciò in eredità una serie di problematiche riguardanti la scarsità delle risorse, la distribuzione disomogenea delle fonti di energia, la scarsità di alloggi per la popolazione. A questo riguardo furono pubblicati diversi studi riguardanti la gestione dell'energia e delle risorse. Tra questi vi furono i saggi e le illustrazioni di Richard Buckminster Fuller[11] sulla rivista *Fortune*[12] all'inizio degli anni Quaranta riguardanti i flussi di energia e la correlazione tra la distribuzione delle risorse e disponibilità di energia su un dato territorio, con la possibilità di sviluppo di quella determinata società. Fuller infatti evidenziava come risorse ed energia influenzano il modo di evolvere di alcuni contesti sociali a scapito degli altri. Queste osservazioni si riversarono sul ruolo della ricerca e dello sviluppo in ambito tecnologico ed energetico, in particolare sull'approccio che bisognava seguire e la visione che bisognava abbracciare per garantire lo sviluppo e il benessere a livello globale. Si verificò un incremento dell'interesse da parte delle agenzie non governative e delle corporazioni, nella ricerca dei vantaggi, derivanti dalla tecnologia applicata alle risorse rinnovabili. Le sperimentazioni degli anni '40 e '50 sui principi di casa solare sono incentrati sulla scoperta e lo sfruttamento di nuove fonti di energia allo scopo di gestire le problematiche a livello sociale ed economico. (*A House in the Sun,* 2016) I primi progetti sulle case solari post-guerra furono sovvenzionati dalla *Cabot Corporation*[13] attraverso il fondo *Solar Energy Fund al Massachusetts Institute of Technology*, MIT. L'intento era di trovare soluzioni di conversione della radiazione solare in energia elettrica oppure di stoccaggio sotto forma di calore latente. Il primo progetto del team di ricerca guidato dall'ingegnere meccanico Hoyt Clark Hottel[14] del MIT, definito come Building 34 o Solar House I, fu inteso come un laboratorio in cui erano misurate le prestazioni dei tre prototipi di collettori di energia solare per il riscaldamento della casa e non come un modello per future abitazioni. I dati raccolti in questa sperimentazione sono stati fondamentali per le ulteriori ricerche che si svilupparono negli anni a seguire con i progetti Solar House II, III e IV. *(A House in the Sun, 2016)* La particolarità di queste sperimentazioni si trova nella mono-disciplinarietà con cui venivano eseguiti. I colleghi architetti del MIT non erano inclusi in queste fasi di ricerca e lo sviluppo dei collettori di energia solare diventò un ambito tipicamente ingegneristico. La conseguenza della mancanza di integrazione della ricerca in ambito ingegneristico e architettonico fu la scissione tra di essi. L'efficienza e la prestazione energetica erano i punti chiave dei prodotti ingegneristici, mentre i principi dell'architettura moderna e delle strategie passive diventavano elementi speculativi per gli imprenditori immobiliari. Una svolta fondamentale che portò alla riflessione sull'importanza del connubio architettura-ingegneria e il ripristino del rapporto, si verificò nel 1947. L'ingegnere Maria Telkes,[15] ricercatrice del team di H.C. Hottel, iniziò la collaborazione in privato con l'architetta Eleanor Raymond,[16] per la progettazione e costruzione della casa solare *Dover Sun*, a Boston. Fu il primo progetto che affrontò le questioni legate all'organizzazione spaziale dei collettori solari integrati alla distribuzione degli spazi funzionali di una casa. Il sistema ingegneristico per il riscaldamento e il raffrescamento non era un elemento a sé, aggiunto alla fine della fase progettuale, ma il suo utilizzo determina il disegno della pianta e delle facciate. Inoltre *Dover Sun* rappresentò anche uno dei prototipi più significativi di case solari con sistemi

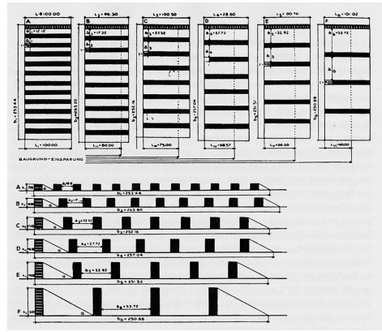


Figura 1. I diagrammi schematici evidenziano la distanza minima tra due edifci paralleli per garantire luce e ventilazione naturale a tutte le abitazioni. Realizzato da Walter Gropius tra 1928-1931.

10 La Sloan House, 1939, è la prima casa a essere descritta come "solar" house, casa solare, nome attribuito dall'imprenditore immobiliare e proprietario della casa Howard Sloan e utilizzato in seguito per descrivere le case con caratteristiche simili. [R.E.Perkin, Building Integrated Solar Energy Systems, CRC Press, Stati Uniti d'America, 2017, p.359.]

11 Richard Buckminster Fuller (1895-1983) è stato un architetto, inventore, visionario, designer, filosofo, scrittore americano. Il suo lavoro non si è limitato a un solo campo, le sue ricerche e scoperte si estendono dall'ambito automobilistico, al militare, all'architettonico, all'umanistico. Il suo intento era di risolvere problemi a livello globale. Le idee e il lavoro di Fuller continuano a influenzare le nuove generazioni di designer, architetti, scienziati e artisti che lavorano per creare un pianeta sostenibile.

12 La rivista Fortune tratta di business globale ed è pubblicata dalla Time Inc.'s Fortune fondata da Henry Luce nel 1930.

13 Cabot Corporation è una società americana specializzata in prodotti chimici e materiali ad alte prestazioni con sede a Boston, nel Massachusetts.

14 H.C. Hottel (1903-1998) fu un ingegnere meccanico alla MIT, Massachusetts Institute of Technology, esperto in energia, scambio termico radiante, combustibile. Hottel è il responsabile dei progetti di case solari, sovvenzionate dal fondo per la ricerca Solar Energy Fund dal 1930 al 1960. La sua visione riguardo i progetti di case solari era prettamente tecnica e prestazionale, mirata all'efficienza energetica con riscontri economici immediati.

15 Maria Telkes (1900-1995) fu un ingegnere biofisico, inventore, scienziata di origini ungheresi che si trasferì negli Stati Uniti d'America nel 1925. Dal 1939 al 1953 ha lavorato presso il MIT, Massachusetts Institute of Technology nell'ambito della ricerca dell'energia solare e ha collaborato insieme a H.C. Hottel al progetto Solar House II. L'approccio della Telkes riguardo il concetto di casa solare non è prettamente tecnico e prestazionale, ma si estende ad una visione più umanistica. La casa solare non è intesa come una soluzione ad un problema economico immediato, ma ha la funzione di catalizzatore per una nuova concezione di forme sociali e collettive.

16 Eleanor Raymond (1887-1989) fu un'architetta americana che operava nella città di Boston, Massachusetts. Nei suoi progetti di residenze unifamiliari integra i principi derivanti dall'architettura moderna ai materiali innovativi (nel 1940 realizza la prima casa principalmente in plywood, legno micro lamellare) alle condizioni ambientali del New England. Interessata al concetto di casa solare collabora con Maria Telkes al progetto Dover Sun.

Figura 2. Casa per Marcel Breuer del 1939, Lincoln Massachusetts, USA.
Architetti Walter Gropius e Marcel Breuer. La foto è stata scattata nel marzo 2010.
Fonte: Autore foto John Phelan - Own work, CC BY 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9760387

Figura 4. Casa per James Ford, 1939 Lincoln, Massachusetts, USA.
Architetti Walter Gropius e Marcel Breuer.
Fonte: https://www.usmodernist.org/gropius.htm

Figura 6. Casa Sloan, 1939, Gleanview Illinois, USA. Architetto George Fred Keck.
La foto è stata inserita sul blog Living Zenith il 13 luglio 2018.
Fonte: https://livingzenith.com/father-of-us-passive-solar-design/

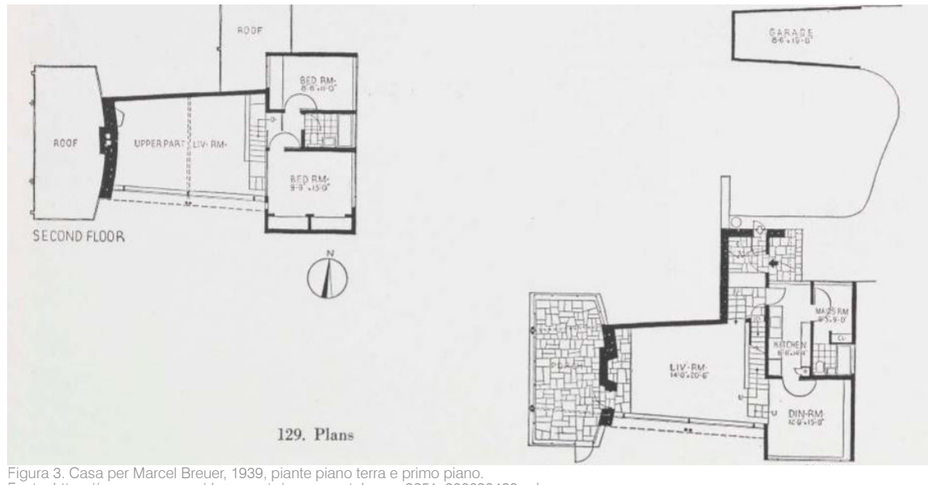


Figura 3. Casa per Marcel Breuer, 1939, piante piano terra e primo piano.
Fonte: https://www.moma.org/documents/moma_catalogue_3251_300090420.pd

Figura 5. Casa per James Ford, 1939. Piante piano terra e primo piano.
Fonte: https://www.moma.org/documents/moma_catalogue_3251_300090420.pdf

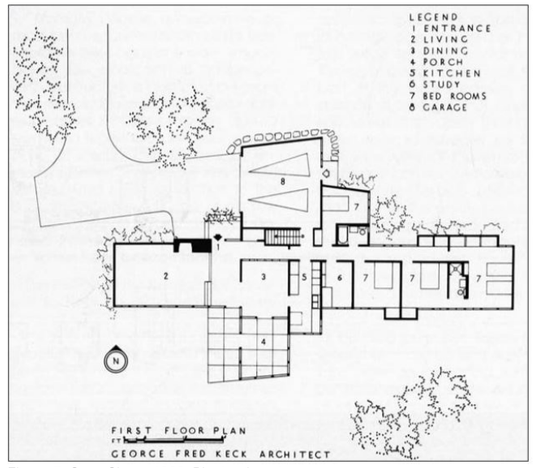


Figura 7. Casa Sloan, 1939. Pianta piano terra.
Fonte: D.A. Barber, Tomorrow's House, Solar Housing in 1940s America, p.11.

17 Victor e Aladar Olgyay (1910-1970; 1910-1963) sono stati considerati i principali artefici della formalizzazione della progettazione solare bioclimatica o passiva come disciplina nel campo dell'architettura negli anni Cinquanta. Hanno progettato strutture residenziali, commerciali ed espositive per una clientela internazionale basandosi sulle strategie bioclimatiche. Le attività accademiche di Victor Olgyay includono collaborazioni con l'Università di Notre Dame, il Massachusetts Institute of Technology, l'Università di Princeton e l'Università di Harvard.

18 M. Telkes inventa tra gli anni 1930 e 1950 un desalinatore per l'acqua, che sfrutta l'energia solare e i materiali a cambiamento di fase e un forno solare il cui funzionamento si basa sul calore latente di fusione.

meccanici semi-attivi per il riscaldamento e raffrescamento interno. Infatti, esso combinava la capacità dei collettori solari di assorbire l'irraggiamento diurno agli accumulatori termici, contenenti i materiali a cambiamento di fase (solfato di sodi o *Glauber salt*), che assorbivano o emettevano calore in ambiente a seconda della temperatura dell'aria in entrata. La trasmissione del calore avveniva attraverso un sistema di ventilazione forzata. Nonostante l'inefficienza del sistema semi-attivo proposto dalla Telkes, il progetto contribuì allo sviluppo di nuovi approcci nell'ambito dell'efficienza energetica basata su tecnologie solari e in campo architettonico. Successivamente l'ingegnere collaborò con altri architetti, tra cui i fratelli Olgyay[17] per attuare nuove strategie passive nell'ambito residenziale unifamiliare e propose la formazione di un centro di ricerca per l'energia solare, *Solar Energy Research Institute* al fine di promuovere la conoscenza delle tecnologie solari innovative e rendere accessibili le sue invenzioni[18] a livello globale, per migliorare la condizione dei paesi in via di sviluppo. (*A House in the Sun,* 2016)

Figura 8. Solar House I, il progetto del MIT, 1939, Cambridge, Massachusetts, Stati Uniti.
La foto raffigura la la fase di installazione delle tre tipologie di collettori di energia solare che i ricercatori volevano testare.
Fonte: https://www.technologyreview.com/s/604079/the-first-us-house-to-go-s

Figura 10. Casa Dover Sun, 1949, Dover, New York, Stati Uniti.
Architetta Eleanor Raymond e ingegnere Maria Telkes.
Fonte: https://web.mit.edu/solardecathlon/solar6.html

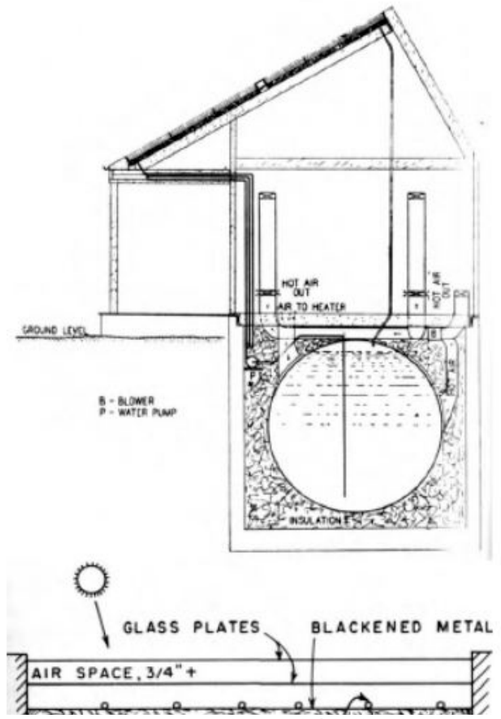


Figura 9. Figura 9. Esempio di colletore di energia solare utilizzato per la Solar House I, 1939.
Fonte: D.A. Barber, A House in the Sun, Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War, p. 74.

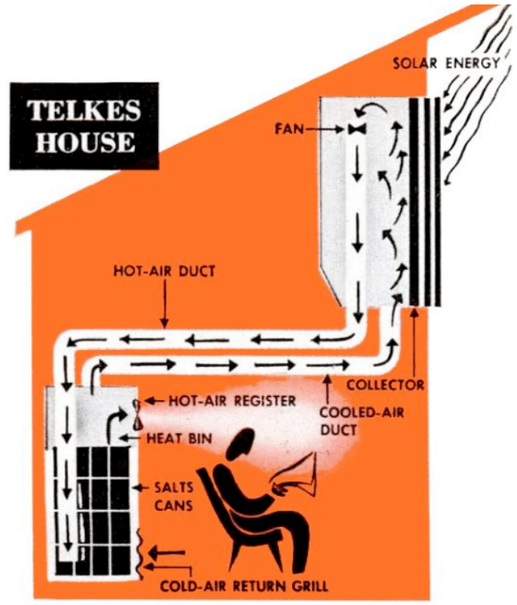


Figura 11. Funzionamento schematico della parete solare
contenete materiali a cambiamento di fase (solfato di sodio), installato nella casa Dover Sun.
Fonte: D.A. Barber, A House in the Sun, Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War, p.134.

L'approccio umanistico e interdisciplinare che Maria Telkes abbracciò nei suoi progetti era in linea con i dibatti tra i più influenti sessanta architetti, pianificatori e ingegneri del modernismo (tra cui Le Corbusier, Gropius, Mies van der Rohe, Richard Neutra, Sigfried Giedion, G.F.Keck, Catherine Bauer, Serge Chermayeff) riguardo il rapporto tra architettura, tecnologia, uomo e spazio edificato questionati durante il simposio *Building for Modern Man*[19] nel 1947: *"Architecture begins with the study of man, […] What the participants here are discussing is the planning of man's physical environment - the modification of natural environment by planning and building structures and communities in a way best suited to man of our time."*[20] Il tema dell'ambiente artificiale costruito dall'uomo era un tema affrontato ufficialmente dagli architetti e dai pianificatori sino dal 1928 durante i CIAM, Congressi Internazionali di Architettura Moderna. Durante il VI CIAM, 1933 fu elaborata la Carta di Atene, nella quale vengono riassunti i principi dell'architettura e urbanistica moderna da applicare per le future città. Le tre idee fondamentali espresse nella Carta, l'idea di città, di spazio abitabile e di società sono messe in relazione alle quattro funzioni fondamentali dell'uomo, abitare, lavorare, divertirsi e spostarsi. Nella Carta erano elaborate una serie di regole e principi per migliorare la vivibilità delle città moderne con particolare attenzione agli spazi verdi e consumo del suolo. La città che ne derivava era un addensato di edifici ad alta densità abitativa separati connessi tra loro da ampi collegamenti viari. Questi principi vengono in parte applicati nella ricostruzione delle città europee dopo la Seconda Guerra Mondiale.

Invece l'approccio americano, per quanto riguarda l'ambito urbanistico e architettonico, continua a mantenere su larga scala, anche negli anni '50, un'espansione individuale e periurbana e sempre più incentrata sull'aspetto tecnologico. Mentre le agenzie governative incentivavano le imprese immobiliari, le organizzazioni non governative e le corporazioni si focalizzavano sull'aspetto tecnologico delle abitazioni solari private. Le ricerche e le sovvenzioni erano incentrate sui collettori solari, la prefabbricazione dei componenti, l'ottimizzazione delle strategie passive, impedendo una visione d'insieme del progetto connesso al contesto sociale e ambientale. Ma i nuovi enti non governative si basavano su fondi propri per la loro sussistenza; vendere i prodotti sovvenzionati diventò una prerogativa. Riproporre l'integrazione tra architettura e ingegneria fu la strategia applicata dall'organizzazione non governativa AFASE *(Association for Applied Solar Energy)*,[21] per favorire l'industrializzazione e la vendita dei prodotti solari, ma soprattutto per incoraggiare lo sviluppo di un nuovo stile di vita, incentrato sull'efficienza energetica garantita dai sistemi solari. La strategia consisteva nella creazione, nel 1957, di una competizione internazionale di progettazione di case solari, che facevano uso di collettori solari per il riscaldamento degli ambienti interni e dell'acqua. Nel programma della competizione *Living with the Sun*[22] erano redatte le premesse e le regole che gli architetti partecipanti devono seguire nella fase progettuale. Delle 1600 proposte progettuali che sono state inviate da architetti di tutto il mondo,[23] solo 126 sono selezionate e analizzate e 60 pubblicate nel libro *Living with the Sun: Sixty Plans Selected from the Entries in the 1957 International Design Competition to Design a Solar-Heated Residence.* (*A House in the Sun,* 2016)

Il vincitore della competizione fu lo studente Peter R. Lee dell'*University of Minnesota School of Architecture*. Il progetto di Lee era incentrato sul modello di casa a corte. La zona notte e la zona giorno erano collocate in due corpi rettangolari sul lato nord e sud del cortile centrale, mentre due muri perimetrali in blocchi di cemento forato davano continuità alle facciate est e ovest e proteggevano dall'irraggiamento diretto. Il cortile centrale e i due terrazzi adiacenti ai corpi rettangolari sono ombreggiati da frangisole orizzontali orientabili, integrati a collettori solari. La giuria aveva scelto il progetto di Lee come vincitore per via dell'integrazione tra innovazione tecnologica e architettura, per la sua abitabilità dovuta alla flessibilità e apertura spaziale e per la sua appetibilità estetica. Secondo la giuria, il progetto di Lee riusciva a promuove un nuovo stile di vita basato sull'utilizzo dell'energia solare, grazie alla sapiente integrazione e quindi soddisfaceva pienamente il fine della competizione. (*A House in the Sun,* 2016) Il progetto fu costruito successivamente nel 1958 e aperto al pubblico durante l'esposizione *Solar House Exhibit*[24] per un mese. I costi relativi alla costruzione, la fornitura dei materiali, delle apparecchiature elettroniche ed elettriche e dei sistemi solari fu garantita dalle donazioni delle *"corporazioni DuPont, Rever Copper, General Milles, RCA e Whirpool."*[25] Nonostante l'entusiasmo e le prerogative ottimistiche della competizione, la casa solare del *Living with the Sun* fu considerato un progetto pilota fallimentare per una serie di fattori: *"il sistema tecnologico era disfunzionale, i vicini erano ostili e alla fine, sebbene fosse attraente nei disegni del concorso, era sgradevole ed esteticamente insoddisfacente."*[26]

Dopo questo episodio, negli Stati Uniti, le sperimentazioni sovvenzionate nel campo dell'architettura solare integrata a sistemi semi-attivi per il riscaldamento furono abbandonate. Le corporazioni e le organizzazioni non governative decisero di non sponsorizzare più le

19 Il simposio Building for Modern Man si è tenuto alla Princeton University del New Jersey, Stati Uniti.

20 T. Creighton, Building for Modern Man: a symposium /ed. Thomas H. Creighton, Princeton Univercity Press, Princenton, 1949, Introduction.
Traduzione: *"L'architettura inizia con lo studio dell'uomo, … Il tema in discussione è la progettazione dell'ambiente fisico dell'uomo, la modificazione dell'ambiente naturale attraverso la progettazione e la costruzione di strutture e comunità nel modo più adatto all'uomo del nostro tempo."*

21 AFASE, Association for Applied Solar Energy, istituita nel 1954, è un'associazione di ricercatori tra cui John Yellot, James H. Hunter e Maria Telkes, sovvenzionata dal Stanford Research Institute per promuovere la ricerca e la sperimentazione nell'ambito dell'energia solare.

22 Le premesse e le regole della competizione sono redatte dagli ingegneri John Yellot e James H. Hunter, due dei ricercatori dell'associazione AFASE. Il committente della casa solare è una tipica famiglia del Phoenix, Arizona composta da due genitori e due bambini. Il padre è un professionista che lavora in città e possiede una macchina, mentre la madre è casalinga. Il reddito della famiglia appartiene alla fascia medio-alta. Il compito dell'architetto è di progettare una casa solare unifamiliare con piscina privata nella periferia urbana del Phoenix, per soddisfare le esigenze della famiglia e promuovere un nuovo stile di vita incentrato sull'efficienza energetica, garantita dalla tecnologia solare. L'estetica diventa l'elemento chiave della competizione per quanto riguarda il design della casa solare. Gli architetti devono elaborare una nuova forma compositiva che non sia subordinata alle esigenze tecnologiche, ma allo stesso tempo che le includa.

23 Alla competizione partecipano numerosi architetti degli Stati Uniti, famigliari con le sperimentazioni solari tra cui Aladar Olgyay e Paolo Soleri e architetti provenienti da 36 nazioni tra cui Regno Unito, Francia, Svizzera. Il numero altissimo di proposte progettuali indica che, il concetto di casa solare riscaldata da collettori solari e strategie passive, non è più limitato al confine americano, ma diventa familiare a livello globale.

24 D.A. Barber, A House in the Sun, Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War, Oxford University press, Stati Uniti d'America, 2016, p.209, p.238.

25 Ibidem, p. 247.

26 Ibidem.

ricerche sperimentali, mentre le agenzie governative aumentavano gli investimenti nelle tecnologie che utilizzano energia da fonte fossile e negli impianti per l'importazione del petrolio. Contemporaneamente alla produzione e uso smisurati dell'energia da fonte fossile, inizia a emergere il concetto di "ambientalismo" elaborato nel libro *Silent Spring* di Rachel Carson, 1962. La biologa evidenziava, attraverso le sue ricerche scientifiche e osservazioni sul campo, le interconnessioni ecologiche tra i vari ecosistemi e come il rapporto tra uomo e tecnologia poteva avere delle conseguenze imprevedibili e irrimediabili sull'equilibrio naturale dell'intero pianeta. Le sue osservazioni furono prese in considerazioni solo dopo la crisi energetica degli anni Settanta e rielaborate all'interno dei movimenti ambientalisti e delle organizzazioni governative a livello mondiale.

Figura Figura 12. Casa solare, progetto vincitore della competizione Living with the Sun, 1958, Scottsdale, Arizona, Stati Uniti. Architetto Peter R. Lee.
Fonte: https://esotericsurvey.blogspot.com/2018/04/afase-solar-house-scottsdale.html

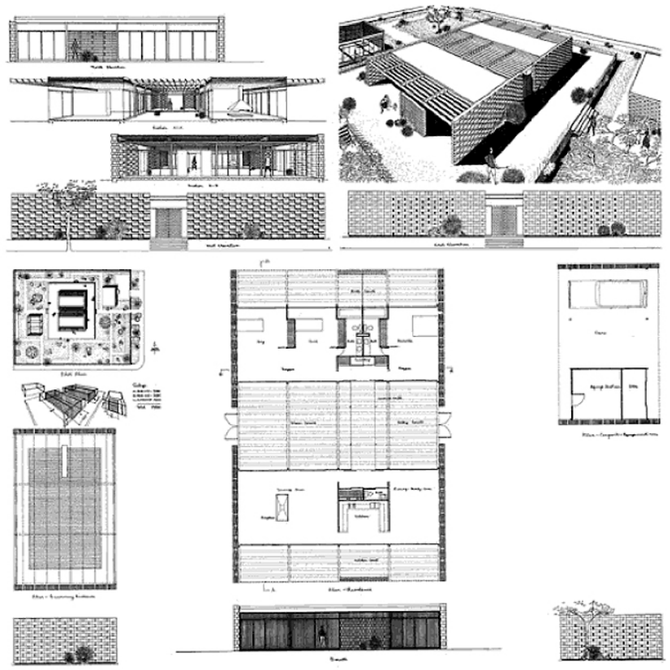


Figura 13. Casa solare, progetto di Peter R. Lee, 1957.
Pianta piano terra prima dell'progetto esecutivo.
Fonte: https://esotericsurvey.blogspot.com/2018/04/afase-solar-house-scottsdale.html

2.Movimento solare-post Crisi energetica 1973

Gli anni Settanta rappresentano la rinascita delle sperimentazioni nell'ambito delle strategie solari passive e sistemi meccanici semi-attivi. L'embargo del petrolio del 1973 da parte dei paesi arabi appartenenti all'OPEC,[27] determinò negli Stati Uniti e in Europa l'aumento del prezzo del petrolio, la diminuzione della quantità di energia disponibile alle famiglie, del potere di acquisto della stessa e la presa di coscienza dei limiti delle risorse[28] sul pianeta Terra. La necessità di trovare delle alternative all'energia da fonte fossile e alla riduzione del fabbisogno energetico negli edifici, aveva destato l'interesse delle agenzie governative e intergovernative,[29] di nuovi laboratori di ricerca e degli architetti, su tutto il territorio americano,[30] ma anche in Europa. Nel decennio post crisi energetica aumentarono le sperimentazioni, le ricerche e le pubblicazioni scientifiche riguardanti le strategie solari applicate alle abitazioni. Inoltre si delineò una netta distinzione tra strategie solari passive di guadagno termico e strategie solari attive basate su sistemi meccanici di ventilazione forzata. Negli Stati Uniti il maggiore numero di sperimentazioni di abitazioni solari, sempre impostate sul modello urbano della città diffusa (Città sostenibili, 2010),[31] si verificarono attraverso il programma *Homegrown Sundwellings*[32] a Santa Fe, New Mexico. Un gruppo di ricercatori composto da architetti, ingegneri, fisici, *designer* e costruttori avevano messo a disposizione le loro conoscenze per la realizzazione di prototipi per nuove tipologie di abitazioni a basso costo, *low-tech*, riscaldate da sistemi solari passivi e realizzate in autocostruzione con materiali locali. Il fine era di promuovere la diffusione di queste conoscenze sulle metodologie passive ai costruttori e artigiani locali e incoraggiare uno stile di vita più attento al consumo delle risorse naturali. Per dimostrare l'efficienza delle strategie passive elaborate nei decenni precedenti, il gruppo di ricercatori costruì quattro prototipi di abitazione unifamiliari in adobe, che sarebbero poi stati testati in condizioni climatiche reali. Ciascuna abitazione aveva una strategia specifica con esposizione Sud per aumentare l'efficienza: il guadagno diretto attraverso grandi finestre a doppio vetro; l'accumulatore di calore, muro di Trombe (un muro scuro in adobe dietro a finestre in doppio vetro, con aperture in alto e in basso per favorire il moto convettivo dell'aria); una serra solare esposta; il quarto edificio non aveva alcuna strategia di guadagno, ma serviva come campione di paragone. Dalle misurazioni emerse che, le strategie passive potevano contribuire fino al 77% del fabbisogno termico, il che portava ad una diminuzione considerevole delle spese familiari per il consumo energetico. (*Homegrown Sundwellings,* 1979).[33] Questo approccio scientifico e interdisciplinare promosso dal programma *Homegrown Sundwellings* aveva dimostrato l'efficacia di queste metodologie passive, la loro applicabilità e ne aveva reso accessibili le tecniche costruttive a manodopera non qualificata, consentendo la diffusione di case ad alta efficienza energetica e *low-tech*.

Per quanto riguarda invece le strategie solari attive, le ricerche continuarono a verificarsi in ambienti universitari e laboratori di ricerca sovvenzionati da corporazioni e organizzazioni non governative, in diverse aree del territorio americano. Uno dei casi più rappresentativi fu il progetto *Solar One* del 1973 a Newark Delaware, *"la prima casa solare che oltre a generare calore genera anche energia elettrica"*[34] partendo dalla stessa fonte, il Sole. Il *team* era composto dall'architetto Harry Weese,[35] dall'ingegnere Maria Telkes e dal fisico Karl Böer e sovvenzionato dalla *DuPont Company*[36]. Attraverso questo progetto i ricercatori avevano dimostrato per la prima volta la fattibilità ed il funzionamento delle celle fotovoltaiche a film sottile in ambito residenziale. Quest'ultime erano incastonate nei collettori solari connessi ad un sistema di stoccaggio di calore, contenenti materiali a cambiamento di fase e posizionati sotto terra. Il sistema di riscaldamento aveva garantito il 60% del fabbisogno termico durante il primo inverno, (*The Solar House,* 2013),[37] ma costi proibitivi per la produzione dell'impianto fotovoltaico avevano ritardato temporaneamente la sua diffusione sul mercato fino agli anni Novanta, quando si verificò un aumento della loro produzione su scala internazionale con conseguente diminuzione dei costi di acquisto.

Il continuo interesse della popolazione verso i sistemi passivi di guadagno termico e verso la riduzione del consumo energetico alimentò l'interesse degli istituti di ricerca riguardo materiali innovativi a basso costo, facilità di posa in opera e grande efficienza termica. Nella prassi costruttiva entra a far parte l'isolante termico. Le prime ricerche e simulazioni computerizzate riguardo questo innovativo materiale si verificarono nel 1976 con il progetto pilota Illinois *Lo-Cal House dell'University of Illinois*, che garantiva un risparmio energetico del 85%. Successivamente fu realizzata la prima casa unifamiliare che dimostrava l'efficacia di questo materiale in condizioni climatiche reali. *Saskatchewan Conservation House*[38] del 1977 a Saskatchewan, Canada, fu la prima abitazione ad utilizzare l'isolante per tutte le partizioni perimetrali. Il *team* di ricerca del *Research Council* aveva aggiunto anche uno strato di tenuta all'aria, aperture trasparenti in triplo vetro di medie dimensioni, un sistema di ventilazione meccanico che garantiva il ricambio d'aria e un recuperatore di calore dalle acque grigie.

27 OPEC, Organizzazione dei Paesi esportatori di petrolio, fu fondata nel 1960 e comprende dodici Paesi associati. Il ruolo di questa organizzazione è di stabilire gli aspetti relativi alla produzione del petrolio, ai prezzi e alle forniture verso altri paesi.

28 Nel 1972 fu pubblicato il rapporto "I limiti dello sviluppo" dal gruppo di ricerca System Dynamics Group del Massachusetts Institute of Technology a cui è stato commissionato dal Club di Roma. Nel rapporto viene messo in discussione il mito della tecnologia come mezzo infallibile per lo sviluppo e il benessere generale dell'umanità. La ricerca, come fu evidenziato nella premessa del libro, "ha come scopo di definire chiaramente i limiti fisici e le condizioni relativi alla moltiplicazione del genere umano e alla sua attività materiale sul nostro pianeta." Cit. "I limiti dello sviluppo. Rapporto del System Dynamics Group Massaccusetts Institute of Technology (MIT) per il progetto del Club di Roma sui dilemma dell'umanità" premessa p.19;
Fonte: https://marialuigia.eu/wp-content/uploads/i-limiti-dello-sviluppo_1972_introduzione-di-aurelio-peccei1.pdf

29 Nel 1974 fu fondata dall'Organisation for Economic Co-operation and Development, IEA (International Energy Agency-Agenzia internazionale dell'energia) un'organizzazione internazionale intergovernativa allo scopo di promuovere e sviluppare le fonti alternative di energia, razionalizzare le politiche energetiche e coordinare la ricerca multinazionale su nuove fonti di energia.

30 Fino alla metà degli anni Sessanta le sperimentazioni nell'ambito delle abitazioni solari erano concentrate negli stati dell'Illinois e Massachusetts. La crisi energetica determinò l'espansione del movimento solare in diversi stati, tra cui Colorado, Arizona, New Mexico.

31 L.Davico, A. Mela, L.Staricco, Città Sostenibili, Una prospettiva sociologica, Carocci editore, Roma, 2010, p.68.

32 Homegrown Sundwellings è libro di Peter Van Dresser, architetto ed ecologista, che riassume le ricerche svolte durante il programma che porta lo stesso nome, lanciato nel 1974 da Four Corners Regional Commission ("un partenariato Stato-Federale, il cui scopo è quello di avviare una pianificazione a lungo termine, fornire dati per piani specifici, promuovere gli investimenti privati, promuovere la legislazione, stabilire piani e priorità di programma, e avviare e coordinare i distretti di sviluppo economico in 92 contee in Arizona, Colorado, New Mexico e Utah").
Fonte:https://www.fastonline.org/CD3WD_40/JF/431/23-537.pdf

33 P. Van Dresser, Homegrown Sundwellings, The Lighting Tree, Santa Fe, USA, 1979, p 108 e p.128.

34 A. Denzer, The Solar House. Pioneering Sustainable Design, Rizzoli International Publications, Inc. New York, 2013, p.211.

35 Harry Weese (1915-1998) fu un architetto statunitense che ebbe un ruolo importante nello sviluppo dell'architettura moderna negli Stati Uniti. Per le sue architetture trae ispirazione dal suo maestro Alvar Aalto e si lascia influenzare da Charles Eames e da Eero Saarinen che ebbe modo di conoscere dopo il periodo degli studi.

36 DuPont Company con sede a Delaware, Stati Uniti d'America, è un'azienda multinazionale che opera nell'ambito della chimica. È considerata la più attiva azienda

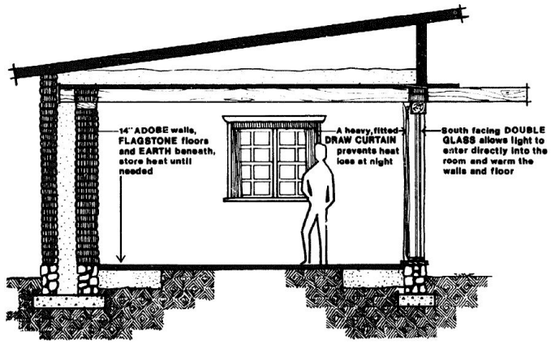


Fig. E 1 Direct Gain

Figura 14. Prototipo n° 1, 1974, Santa Fe, New Mexico, Stati Uniti. Guadagno termico diretto attraverso l'esposizione Sud di grandi vetrate. Architetto Peter Van Dresser.
Fonte: P. Van Dresser, Homegrowth Sundwellings, The Lighting Tree, Santa Fe, USA, 1979, p.113.

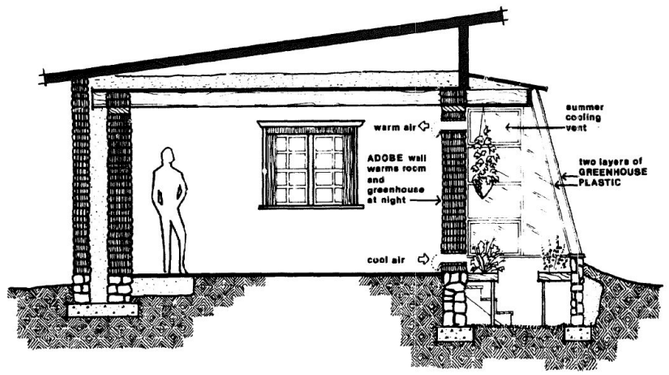


Fig. E 3 Greenhouse

Figura 15. Prototipo n° 2, 1974, Santa Fe, New Mexico, Stati Uniti.
Muro di Tombe. Architetto Peter Van Dresser, 1974.
Fonte: P. Van Dresser, Homegrowth Sundwellings, The Lighting Tree, Santa Fe, USA, 1979, p.114.

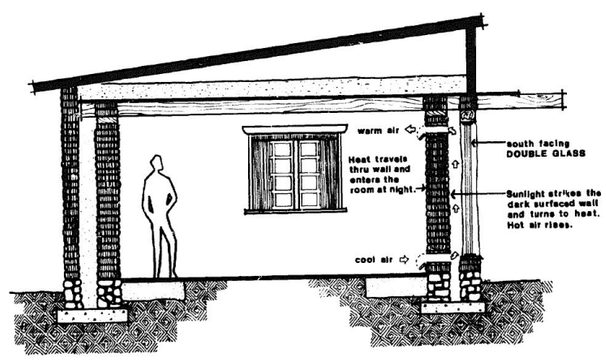


Fig. E 2 Trombe Wall

Figura 16. Prototipo n° 3, 1974, Santa Fe, New Mexico, Stati Uniti.
Sera solare. Architetto Peter Van Dresser, 1974.
Fonte: P. Van Dresser, Homegrowth Sundwellings, The Lighting Tree, Santa Fe, USA, 1979, p.115.

nel campo della produzione e fornitore di fibre e materiali sintetici quali nylon, policarbonato e polistirene.

37 Ibidem 40, p. 213.

38 https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_historical_review/poineer_award/saskatchewan_conservation_house

39 Gli obiettivi, i principi e il funzionamento della competizione Solar Decathlon sono spiegati ed approfonditi nel capitolo Capitolo III, Parte I.

(*The Solar House,* 2013) Questo sistema-casa innovativo che combinava strategie passive, strategie attive, prodotti innovativi quali l'isolante e lo strato di tenuta all'aria aveva raggiunto un risparmio energetico di quasi 100% in condizioni climatiche estreme. Grazie la sua effettiva efficienza, il Governo canadese lanciò un programma (The Solar House, 2013) per incentivare la costruzione di case con caratteristiche simili, il programma è valido ancora oggi. L'utilizzo dell'isolante si espande anche al di fuori del continente americano, grazie alla diffusione delle aziende multinazionali. Si avvia un nuovo approccio costruttivo che porterà alla formazione del concetto di Passivhaus.

Dopo quest'ultima scoperta, il movimento solare inteso come sperimentazioni prototipali di verifica e analisi di strategie passive e attive, di utilizzo di materiali innovativi applicati a casi concreti, entra in un'altra fase di sviluppo, che è tuttora in atto e si esprime attraverso le competizioni internazionali Solar Decathlon. Pur essendo declinato a seconda delle necessità del continente che lo ospita, Solar Decathlon mantiene gli stessi obiettivi, gli stessi principi fondativi e lo stesso funzionamento della competizione nata sul territorio americano.[39] La competizione rappresenta un nuovo modo di portare avanti le ricerche nell'ambito dell'efficienza energetica e dell'innovazione nel settore costruttivo, prestando particolare attenzione all'estetica derivata dall'integrazione tra tecnologia e architettura e negli anni più recenti al concetto di sostenibilità.

Figura 17. Saskatchewan Conservation House, 1977, Saskatchewan, Canada. Team di ricerca del Research Council, Regina. Fonte: A. Denzer, The Solar House. Pioneering Sustainable Design, Rizzoli International Publications, Inc. New York, 2013, p.221.

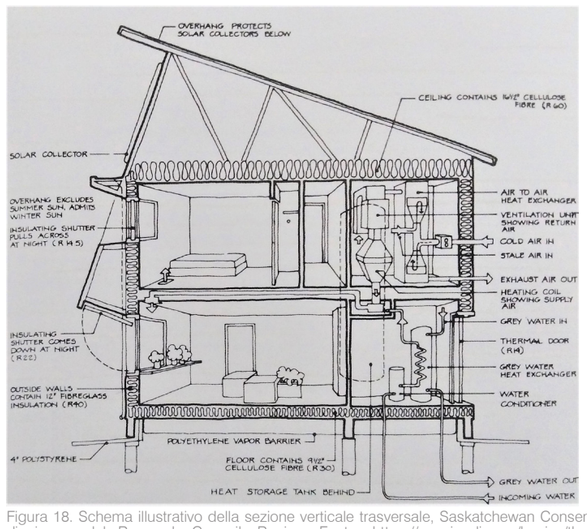


Figura 18. Schema illustrativo della sezione verticale trasversale, Saskatchewan Conservation House, 1977, Saskatchewan, Canada. Team di ricerca del Research Council, Regina. Fonte: https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_historical_review/poineer_award/saskatchewan_conservation_house

Figura 19. Solar One, 1973, Newark, Delaware, Stati Uniti. Il primo prototipo abitativo che utilizza le celle fotovoltaiche per produrre energia.

Figura 20. Solar Decathlon 2009, vista aerea dei 20 progetti partecipanti.
Fonte: Photo taken by Richard King, Director of the U.S. Department of Energy Solar Decathlon - This photo was uploaded to the National Renewable Energy Laboratory (NREL) photo archives directly from Richard King's camera, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12316446

3.Evoluzione-filoni di Sostenibilità nell'edilizia

Precedentemente è stato tracciato un percorso evolutivo attraverso le tappe fondamentali dell'architettura solare[40] (intesa come l'insieme delle strategie passive e attive applicate al settore costruttivo residenziale) che hanno portato all'istituzione della competizione Solar Decathlon negli Stati uniti d'America. Come è stato indicato, il periodo post crisi energetica fu caratterizzato dalla riscoperta delle strategie solari passive e attive, applicate nell'ottica del risparmio energetico nelle abitazioni *ex novo* costruite sul territorio americano e in Europa. A differenza degli Stati Uniti, in Europa l'architettura solare diventò uno dei diversi approcci, da applicare nel settore costruttivo per rispondere alle questioni legate al concetto di sviluppo sostenibile.[41] Tale concetto emerse per la prima volta nel rapporto Bruntdland pubblicato nel 1987 e ripreso durante l'*Earth Summit* (*United Nations Conference on Environment and Development*)[42] delle Nazioni Unite a Rio de Janeiro, 1992. Queste due vicende segnarono il passaggio fondamentale nella storia contemporanea, in quanto 108 paesi si trovano a discutere sulla *"necessità di attuare una strategia in grado di integrare le esigenze dello sviluppo e dell'ambiente, […] e la strategia è lo sviluppo sostenibile."*[43] Nell'ottica di queste premesse, l'architettura muta la sua attenzione dalla ricerca formale, funzionale e tecnologica, incentrata sulle singole abitazioni, ad una visione olistica, estesa alla città, che include anche problemi ambientali e il concetto di sviluppo sostenibile. Si delineano, a partire dagli anni Ottanta, "almeno sei logiche" (Città sostenibili, 2010)[44] o "filoni di sostenibilità,"[45] che identificano l'evoluzione della cosiddetta "architettura sostenibile": ecotecnologica, ecocentrica, ecoestetica, ecoculturale, ecomedica, ecosociale (come descritti di seguito riportando quanto detto da Guy e Farmer e M. Cucinella). (Guy e Farmer, 2001)[46]

La logica ecotecnologica o filone *high-tech* è incentrata sull'efficienza energetica degli edifici. I maggiori esponenti di questo filone sono Norman Foster, Richard Rogers, Michael Hopkins, Renzo Piano e Thomas Herzog.[47] Le loro architetture si basano sulle innovazioni tecnologiche per rispondere alle questioni ambientali. Per ridurre il fabbisogno energetico e assicurare il comfort negli ambienti interni utilizzano sistemi attivi di ventilazione forzata abbinati a impianti fotovoltaici per la produzione di energia.

L'architettura ecocentrica o filone ecologico è incentrata sul tema dell'ecologia e sulla salvaguardia dei sistemi ecologici. I maggiori esponenti di questo filone sono Victor Papanek, Hassan Fathy e Yona Friedman. I loro contributi enfatizzano l'uso di materiali locali, naturali, rinnovabili o riutilizzabili (come terra cruda, paglia e legno) per minimizzare l'impatto artificiale del costruito umano sull'ambiente naturale.

La logica ecoestetica o filone pittoresco è incentrata sulla poetica dell'architettura, sull'interconnessione tra uomo e natura. I maggiori esponenti sono Emilio Ambasz, Paolo Portoghesi, Frank Gehry, Santiago Calatrava. Le loro architetture esprimono un rapporto tecnologico-organico con la natura. Le forme plastiche e sinuose sono intrecciati agli elementi vegetali o riproducono le forme autentiche della natura, al fine di creare un ambiente meno artificiale e alienante derivato dalla rigidità geometrica.

La logica ecoculturale o filone low tech sociale è incentrata sull'autenticità e sull'identità locali. L'ambiente costruito deve contenere e riflettere le caratteristiche della cultura locale. Mantenere la diversità culturale attraverso un'intelligente e autentica reinterpretazione delle forme vernacolari. Uno dei maggiori sostenitori di questo approccio è lo storico dell'architettura Kenneth Frampton che evidenzia nel saggio *Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistence*,[48] i sei argomenti guida per un'architettura che reinterpreta le soluzioni tecnologiche al fine promuovere i valori culturali locali e di allontanarsi dall'fenomeno dell'universalizzazione che appiattisce e omogeneizza. Tra gli architetti troviamo invece Francis Kéré e ARCò.

La logica ecomedica o filone bioarchitettura è incentrata sulla relazione tra salute umana e la qualità degli ambienti interni. Qui si fa riferimento alle scoperte mediche che mettono in relazione l'inquinamento dell'aria negli ambienti interni (presenza di composti organici volatili VOC), utilizzo di materiali da costruzione sintetici e tossici, l'illuminazione e aerazione naturale alla salute ed il benessere dell'abitante. In quest'ottica artisti e architetti tra cui Christopher Day, Peter Schmidt, Floyd Stey e Gaia group, Elbe and Sambeth promuovono un'architettura tattile, realizzata con materiali e tecnologie locali, finiture naturali, l'uso del colore per migliorare la salute.

La logica ecosociale o filone sociale è incentrato sulla parità tra gli individui, promuovendo una visione democratica e partecipativa al processo costruttivo e gestionale dell'edificio. Tra i maggiori esponenti vi è l'ingegnere e imprenditore Adriano Olivetti, Francis Kéré, Mario

40 Il concetto di "architettura solare" oggi, non è espresso attraverso una definizione univoca e universale riconosciuta a livello internazionale, ma è declinato dall'autore del progetto a seconda del suo approccio progettuale.

41 Lo sviluppo sostenibile fa riferimento a tre dimensioni: sociale, economico e ambientale. Ognuna di queste dimensioni si propone di raggiungere degli obiettivi: il potenziamento, la partecipazione, la mobilità sociale, la coesione sociale, l'identità culturale, sviluppo istituzionale per la dimensione sociale; la crescita, l'equità, l'efficienza per la dimensione economica; l'integrità eco sistemica, la capacità di carico, la biodiversità, la resilienza per la dimensione ambientale. Promuovere lo sviluppo sostenibile significa ricercare l'equilibrio fra questi tre diverse dimensioni e obiettivi. Fonte: http://www.ing.unitn.it/~ciolli/PagineMarco/svilupposostenibile.pdf

42 United Nations Conference on Environment and Development oppure Earth Summit fu la prima conferenza delle Nazioni Unite in cui fu affrontato il tema del cambiamento climatico e dello sviluppo sostenibile, accennando alla necessità della riduzione delle emissioni di gas serra sulla base dell'ipotesi di riscaldamento globale da parte dei paesi industrializzati. Sulla base delle questioni legate al cambiamento climatico, ogni anno dal 1995 è organizzata la Conferenza delle Parti, COP, a cui partecipano i capi di stato delle nazioni, per analizzare i progressi nell'affrontare il fenomeno del cambiamento climatico e per stabilire le azioni giuridicamente vincolanti per i Paesi sviluppati e non sviluppati nella riduzione delle loro emissioni di gas serra. Le questioni legate all'ambiente e allo sviluppo sono tematiche tuttora dibattute a livello globale dalle Nazioni Unite e riassunte nel programma d'azione "l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile" sottoscritto dai Governi di 193 paesi nel 2015.
Fonte: https://www.unric.org/it/agenda-2030

43 Agenda 2030, Nazioni Unite:
Fonte: https://www.unric.org/it/agenda-2030

44 L.Davico, A. Mela, L.Staricco, Città Sostenibili, Una prospettiva sociologica, Carocci editore, Roma, 2010, p.122.

45 L'espressione "filoni di sostenibilità" è stata utilizzata dall'architetto Mario Cucinella nella "Timeline della Sostenibilità" che rappresentò durante la mostra "Organismi. Dall'Art Nouveau alla Bioarchitettura" a Torino nel 2016. L'architetto percorre attraverso la sequenza temporale "i momenti più significativi della costruzione del pensiero ecologico, qui inteso nel senso più ampio di consapevolezza e valore etico." Il viaggio temporale parte dall'architettura vernacolare degli aborigeni fino ad individuare la nascita della coscienza ecologica in architettura, identificato come primo filone di sostenibilità in cui vengono trattati i temi ecologici applicati alla dimensione sociale. Da qui gli approcci progettuali si ramificano nel filone pittoresco, filone high-tech, filone ecosociale, filone low-tech sociale, filone bioarchitettura. Fonte: C. Christov-Bakargiev (a cura di), V. Bertone (a cura di), Organismi. Dall'Art Nouveau di Emile Gallé alla bioarchitettura, Skira, Svizzera, 2016, p. 25-26.

46 S. Guy, G. Farmer, Reinterpreting Sustainable Architecture: The Place of Technology, in Journal of Architectural Education, 54 (3), p. 140-148.
Fonte:https://www.researchgate.net/publication/227537172_Reinterpreting_Sustainable_Architecture_The_Place_of_Technology

Cucinella Architects, ARCò, TAMassociati e Shigeru Ban, Yona Friedman. Le loro architetture si traducono attraverso un'integrazione tra di versi fattori per favorire uno sviluppo comunitario, l'accessibilità a tutti e la flessibilità e facilità costruttiva.

La coesistenza di più filoni o logiche progettuali ha portato oggi alla formazione di un patrimonio edilizio vastissimo e molto differenziato di architetture sostenibili. La tendenza di questo patrimonio è di aumentare la superficie edificata nei prossimi trent'anni al fine di rispondere all'aumento demografico e all'urbanizzazione, tendenza che interessa soprattutto i Paesi in via di sviluppo. Questi filoni architettonici, alcuni dei quali si possono riscontrare anche nelle ultime edizioni del Solar Decathlon, hanno come obiettivo di dare un involucro tangibile ad una esigenza dell'individuo, che può essere intesa come abitazione, scuola, ospedale, infrastruttura, edificio pubblico etc. Stabilire l'approccio più adattato per un determinato contesto, diventa la prerogativa di successo per la nuova tipologia di insediamento. Lo scopo di queste narrazioni cronologiche, riguardo le fasi di sviluppo dell'architettura sostenibile, è di evidenziare gli esempi di approcci progettuali, che sono stati applicati in diversi contesti, allo scopo di promuovere lo sviluppo sostenibile.[49] Ma come evidenziano Mela, Davico, Staricco, autori del libro *Città Sostenibili. Una prospettiva sociologica*, in relazione alle "sei logiche,"[50] quindi alla coesistenza multipla dei filoni di sostenibilità, lo sviluppo sostenibile inteso come una *«strategia in grado di integrare le esigenze dello sviluppo e dell'ambiente»* non è sempre espresso nella sua tridimensionalità (sociale, economica e ambientale), ma si tende a prediligere una dimensione piuttosto che un'altra come obiettivo progettuale, causando una serie di effetti negativi all'interno della società. Di conseguenza, determinare le tendenze degli approcci sostenibili, gli impatti e le opportunità derivanti dalla competizione Solar Decathlon, oggi intesa come *«l'olimpiade degli edifici solari»,*[51] con una visibilità di oltre un miliardo e mezzo di persone a livello mondiale e un interesse sempre crescente da parte delle autorità pubbliche e private, può fornire ulteriori informazioni sulla possibilità di migliorare i criteri progettuali sia a scala architettonica che urbana e di conseguenza contribuire al benessere degli individui.

47 Gli architetti qui citati hanno svolto un ruolo fondamentale nello sviluppo delle tematiche riguardanti l'architettura solare. Infatti nel 1996 durante la "Conferenza europea sull'energia solare in architettura e nella pianificazione urbana" tenutasi a Berlino, discutono e sottoscrivono (insieme ad altre architetti) l'European Charter for Solar Energy in Architecture and Urban Planning (Carta europea per l'Energia solare in architettura e pianificazione urbana), precedentemente redatta da T. Herzog tra il 1994 e il 1995. Questo documento contiene le caratteristiche dei futuri sviluppi dell'architettura solare intesa nel contesto più ampio della sostenibilità a livello urbano. Un altro contributo maggiore emerge tra 1995-2005 quando Norman Foster, Richard Rogers, Renzo Piano e Thomas Herzog collaborano assieme per la realizzazione del Solar City Linz nell'Austria settentrionale. Si tratta del più vasto esperimento insediativo (che accoglie circa 25 000 abitanti) per quanto riguarda la costruzione sostenibile. Il principio base su cui si fonda è la volontà di promuovere metodi di costruzione a basso costo, a livello internazionale. Fonte: https://www.floornature.it/solar-city-linz-austria-4539/

48 H. Foster, The Anti-aesthetic: Essays on postmodern culture, New Press, New York, 1998, capitolo Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistence, autore Kenneth Frampton, p. 17-34.

49 "L'ottica dello sviluppo sostenibile richiede quindi un approccio olistico allo sviluppo, cioè un approccio globale alla pianificazione ed alla valutazione, uno sguardo all'insieme come alle parti, un'attenzione particolare al benessere sociale, ecologico ed economico dei vari sottosistemi, allo stato, alla direzione ed alla velocità di cambiamento dei sistemi e delle loro componenti e, soprattutto, all'interazione fra le parti. Inoltre, ciascuna scelta comporta specifici livelli di perseguimento degli altri obiettivi (non possono essere massimizzati tutti contemporaneamente): se si massimizza un obiettivo, si avranno delle riduzioni nel perseguimento degli altri, accettabili in relazione alle circostanze e condizioni specifiche esistenti ed alle priorità riconosciute. Promuovere lo sviluppo sostenibile significa ricercare l'equilibrio fra queste tre diverse componenti/dimensioni." Fonte: http://www.ing.unitn.it/~ciolli/PagineMarco/svilupposostenibile.pdf

50 L.Davico, A. Mela, L.Staricco, Città Sostenibili, Una prospettiva sociologica, Carocci editore, Roma, 2010, p.122.

51 La competizione è definita come una olimpiade di architettura solare che ha prodotto fino al 2019 oltre 360 prototipi abitabili.

Tabella 1: *The six competing logics of sustainable architecture*

Logic	*Image of space*	*Source of Environmental Knoowledge*	*Building Image*	*Technologies*	*Idealized Concept of Space*
Eco-technicg	*lobal context macrophysical*	*technorational scientific*	*commercial modern future oriented*	*integrated energy efficient high-tech intelligent*	*Integration of global environmental concerns into conventional building design strategies. Urban vision of the compact and dense city.*
Eco-centric	*fragile macrobiotic*	*systemic ecology metaphysical holism*	*polluter parasitic consumer*	*autonomous renewable recycled intermediate*	*Harmony with nature through decentralized, autonomous buildings with limited ecological footprints. Ensuring the stability, integrity, and "flourishing" of local and global biodiversity.*
Eco-aesthetic	*alienating anthropocentric*	*sensual postmodern science*	*iconic architectural New Age*	*pragmatic new nonlinear organic*	*Harmony with nature through decentralized, autonomous buildings with limited ecological footprints. Ensuring the stability, integrity, and "flourishing" of local and global biodiversity.*
Eco-cultural	*cultural context regional*	*phenomenologyc ultural ecology*	*authentic harmonious typological*	*local low-tech commonplace vernacular*	*Learning to "dwell" through buildings adapted to local and bioregional physical and cultural characteristics.*
Eco-medical	*polluted hazardous*	*medical clinical ecology*	*healthy living caring*	*passive nontoxic natural tactile*	*A natural and tactile environment which ensures the health, well-being, and quality of life for individuals.*
Eco-social	*social context hierarchical*	*sociology social ecology*	*democratic home individual*	*flexible participatory appropriate locally managed*	*Reconciliation of individual and community in socially cohesive through decentralized "organic" nonhierarchical, and participatory communities.*

Rielaborazione della tabella delle sei logiche di architettura sostenibile.
Estratto del articolo Reinterpreting Sustainable Architecture: The Place of Technology, autori S.Guy e G.Farmer, 2001, p. 141.

Capitolo 2.
Concetto di casa solare

1. Cos'è una casa solare

Il concetto di casa solare come descritto precedentemente, si basa sullo sfruttamento della radiazione solare diretta, intesa come una fonte supplementare di guadagno termico nei mesi invernali. Inizialmente i principi fondamentali di una casa solare erano l'orientamento verso Sud delle zone giorno e notte, utilizzo di grande aperture trasparenti orientate verso Sud per aumentare il guadagno solare e sistemi di ombreggiamento fissi e orientabili per controllare l'irraggiamento. Successivamente sono stati sviluppati una serie elementi, intrinseci alla casa, per accumulare il calore durante le ore diurne e rilasciarlo durante le ore notturne attraverso uno scambio termico passivo oppure attraverso un sistema di ventilazione forzata. Quindi alle strategie passive sono state aggiunte strategie attive di guadagno termico. La particolarità di una casa solare si rispecchia nella sua dipendenza dalle condizioni climatiche del sito in cui è costruita e nell'utilizzo di sistemi passivi e attivi combinati, sin dalla fase progettuale, per garantire l'efficacia degli stessi. Le caratteristiche estetiche e morfologiche di un edificio o di una città solare dipendono dal grado di integrazione tra tecnologia applicata e architettura.

2. Sistemi solari passivi

I sistemi solari passivi sono molteplici e sono stati raccolti, descritti e illustrati per la prima volta dall'architetto Edward Mazria nel libro *Sistemi solari passivi* del 1979. La definizione che Mazria fornisce riguardo il sistema solare passivo è la seguente:
"un sistema in cui i flussi termici avvengono per mezzi naturali come l'irraggiamento, la conduzione e la convezione naturale. Essenzialmente la struttura stessa dell'edificio, o qualche suo elemento, è il sistema. Non vi sono accumulatori termici o collettori separati né elementi meccanici. La più notevole differenza tra i due tipi di sistemi è che il sistema passivo funziona con l'energia disponibile nel suo ambiente immediato, mentre il sistema attivo importa energia, ad esempio elettricità, per alimentare le ventole e le pompe che fanno funzionare il sistema. In ogni sistema passivo vi sono due elementi fondamentali: una parete vetrata rivolta a sud per la captazione solare, e una massa termica per l'assorbimento, l'accumulo e la distribuzione del calore."[52] Ci sono tre modalità distinte di guadagno termico: diretto, indiretto e isolato. Nel guadagno diretto l'ambiente abitato funge da accumulatore solare, mentre la parete con aperture trasparenti è esposta a sud. Nel guadagno indiretto una massa termica è esposta direttamente all'irraggiamento solare. Essa accumula il calore durante le ore diurne e la rilascia lentamente durante la notte. Ci sono due sistemi di guadagno indiretto, muri solari e roof pond, tetto con piscina solare e serra solare. Quest'ultima è considerata una combinazione tra guadagno diretto ed indiretto. Il guadagno isolato invece fa riferimento ad un sistema composto da un serbatoio termo accumulatore e un collettore solare posizionati a una certa distanza dagli spazi abitati. Il funzionamento di questo sistema si basa sul moto convettivo naturale che fa circolare un fluido senza la necessità di una pompa meccanica. *"Quando l'aria o l'acqua di un collettore viene scaldata dal sole, essa sale ed entra alla sommità del serbatoio, spingendo contemporaneamente l'acqua o l'aria più fredda dal fondo del serbatoio nel collettore."*[53] Dato che il sistema è posizionato lontano dalla casa consente al sistema di funzionare indipendentemente, senza interferire direttamente con le condizioni climatiche degli ambienti interni, mentre si può attingere al calore solo quando vi è necessità.

52 E.Mazria, traduzione e adattamento in lingua italiana a cura di Girolamo Mancuso, Sistemi solari passivi. Soluzioni per una migliore qualità ambientale degli edifici, Franco Muzzi & c. editore, Padova, 1990, p.39.

53 Ibidem 52, p. 65,66.

Guadagno diretto passivo

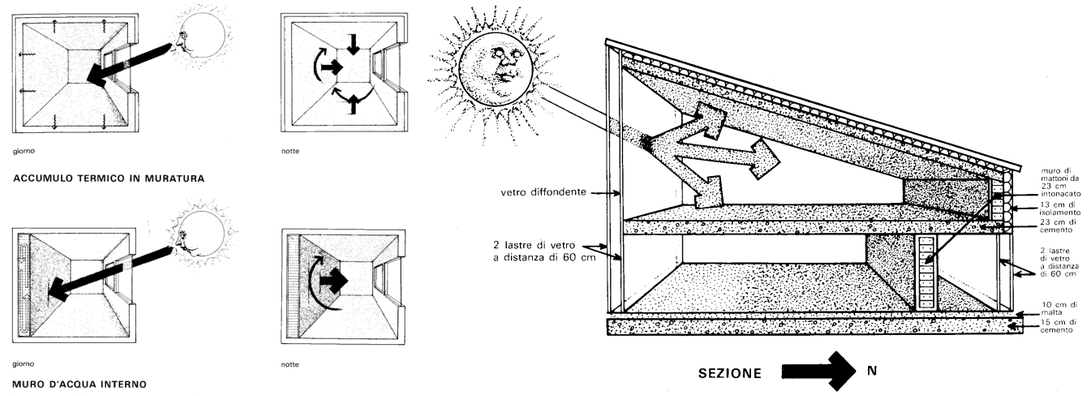


Figura 21. Funzionamento schematico di un sistema solare passivo a guadagno termico diretto.
Fonte: E.Mazria, traduzione e adattamento in lingua italiana a cura di Girolamo Mancuso, *Sistemi solari passivi. Soluzioni per una migliore qualità ambientale degli edifici*, Franco Muzzi & c. editore, Padova, 1990, p.41,42.

Guadagno indiretto passivo

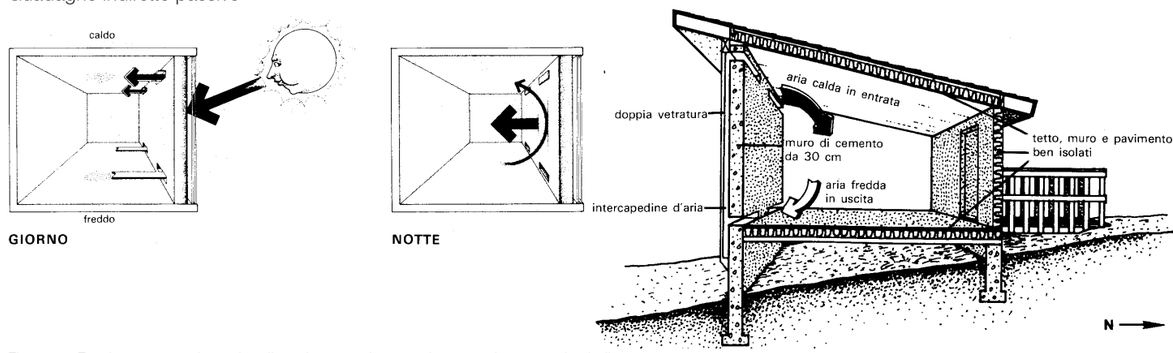


Figura 22. Funzionamento schematico di un sistema solare passivo a guadagno termico indiretto.
Fonte: E.Mazria, traduzione e adattamento in lingua italiana a cura di Girolamo Mancuso, *Sistemi solari passivi. Soluzioni per una migliore qualità ambientale degli edifici*, Franco Muzzi & c. editore, Padova, 1990, p.52,53.

Guadagno indiretto-diretto passivo

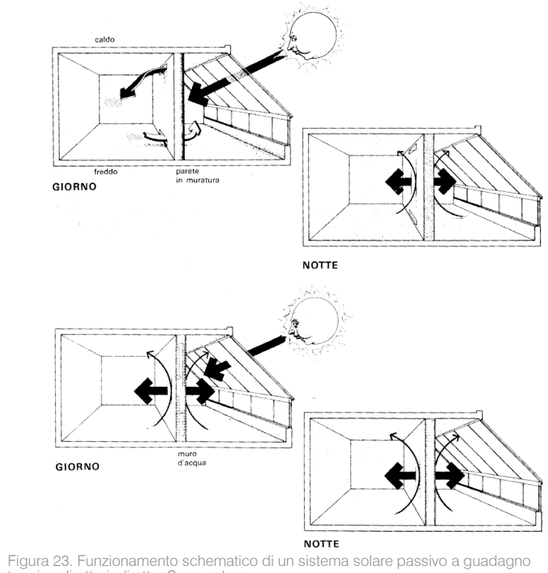


Figura 23. Funzionamento schematico di un sistema solare passivo a guadagno termico diretto-indiretto. Serra solare.
Fonte: E.Mazria, traduzione e adattamento in lingua italiana a cura di Girolamo Mancuso, *Sistemi solari passivi. Soluzioni per una migliore qualità ambientale degli edifici*, Franco Muzzi & c. editore, Padova, 1990, p.60.

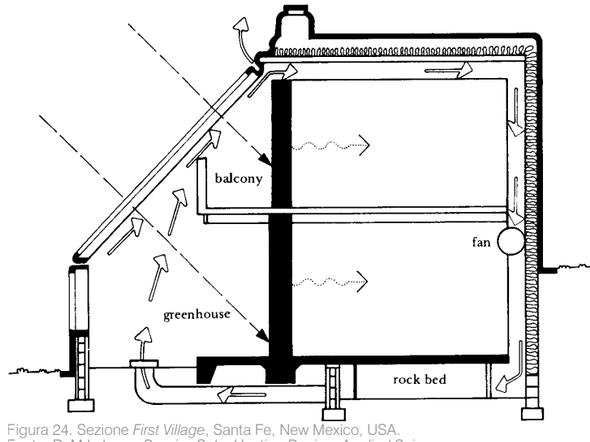


Figura 24. Sezione *First Village*, Santa Fe, New Mexico, USA.
Fonte: R. M Lebens, *Passive Solar Heating Design, Applied Science* Publishers LTD, Londra, 1980, p.17.

Guadagno termico isolato

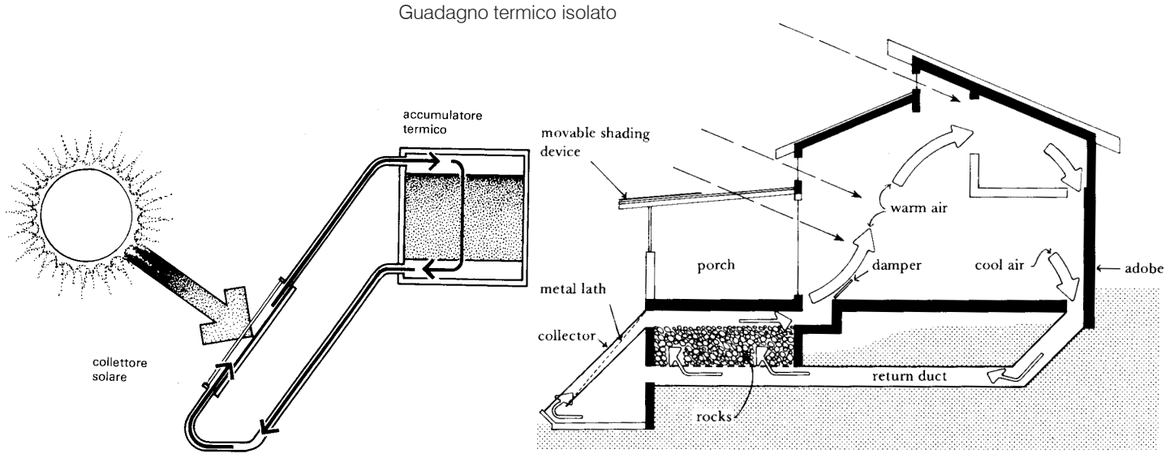


Figura 25. Funzionamento schematico di un sistema solare passivo a guadagno termico isolato. Cricuito convettivo.
Fonte: E.Mazria, traduzione e adattamento in lingua italiana a cura di Girolamo Mancuso, *Sistemi solari passivi. Soluzioni per una migliore qualità ambientale degli edifici*, Franco Muzzi & c. editore, Padova, 1990, p.65.

Figura 26. Casa di Paul Davis, Corrales, Albuquerque, New Mexico, USA.
Fonte: R. M Lebens, Passive Solar Heating Design, Applied Science Publishers LTD, Londra, 1980, p.18.

3. Sistemi solari attivi

La definizione che Mazria fornisce riguardo il sistema solare passivo è la seguente:
"i sistemi attivi impiegano impianti e dispositivi meccanici per raccogliere e trasportare il calore. Spesso i principali elementi del sistema sono dei collettori piani o a concertazione (usualmente montati sul tetto dell'edificio) e un accumulatore termico separato (letto di sassi, serbatoio d'acqua, o combinazione dei due). Pompata attraverso il collettore, l'acqua o l'aria assorbe il calore e lo trasporta nell'accumulatore. Il calore viene poi fornito dall'accumulatore alle stanze dell'edificio mediante un impianto di distribuzione completamente meccanico."[54]
Oggi grazie allo sviluppo tecnologico, i sistemi attivi hanno un funzionamento diverso e sono alimentati da energia elettrica, che può derivare dall'impianto fotovoltaico o da fonti fossili. Il sistema meccanico HVAC (*Heat Ventilation Air conditioning and Cooling*) comporta il controllo della temperatura, il rifornimento di ossigeno, la rimozione di umidità e dell'aria inquinata degli ambienti interni. Recentemente è stato ideato un altro sistema meccanico ERV (*Energy recovery ventilation*) che viene utilizzato in combinazione all'HVAC e consiste nello scambiare l'energia contenuta nell'aria normalmente inquinata dell'ambiente e utilizzarla per trattare (pre-condizionamento) l'aria di ventilazione esterna in ingresso negli impianti HVAC. Ciò consente il miglioramento della qualità dell'aria interna, riduce la capacità di carico dei sistemi e consente anche di ridurre il consumo dell'energia elettrica e i carichi di riscaldamento e raffreddamento. L'utilizzo di questi sistemi attivi consente al progettista una totale libertà morfologica ed estetica in quanto, il funzionamento degli impianti dipende solo dalla fonte energetica.

54 Ibidem 52.

Guadagno termico sistema attivo

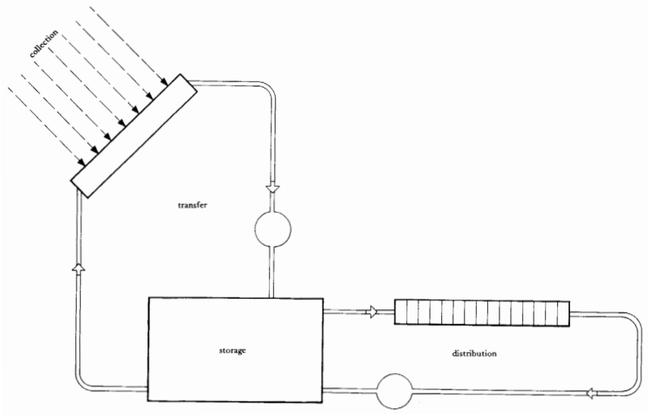


Figura 27. Funzionamento schematico di un sistema solare attivo.
Fonte: R. M Lebens, Passive Solar Heating Design, Applied Science Publishers LTD, Londra, 1980, p.6.

4. Concetto n-ZEB (near zero energy building)

Attualmente il consumo di energia negli edifici di tutto il mondo è responsabile di oltre il 40% del consumo di energia primaria e del 24% delle emissioni di gas serra. Il consumo energetico e le emissioni comprendono sia l'uso diretto e in loco di combustibili fossili, sia l'uso indiretto di elettricità, per i sistemi di riscaldamento e raffrescamento e l'energia incorporata nei materiali da costruzione. La riduzione del consumo di energia da fonte fossile e l'ottimizzazione dell'efficienza energetica negli edifici porta ad una diminuzione considerevole delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera, fenomeno responsabile del cambiamento climatico e consumo delle risorse non rinnovabili. Di conseguenza raggiungere almeno un bilancio energetico zero, tanta energia prodotta tanta energia consumata, negli edifici, dove l'energia utilizzata è prodotta in sito da fonte rinnovabile contribuisce a limitare il fenomeno del cambiamento climatico. Le ricerche e le sperimentazioni nel settore costruttivo, hanno portato alla realizzazione della prima casa solare autosufficiente energeticamente nel 1992 a Friburgo, Germania[55] dove l'energia elettrica era prodotta dall'impianto fotovoltaico montato sul tetto. La comunità scientifica internazionale ha continuato le ricerche nel settore delle case solari autosufficienti. Attualmente vi sono diverse tipologie di edifici che sfruttano l'energia solare in combinazione ad altri fattori di riferimento (caratteristiche tecniche e parametri energetici predeterminati come la trasmittanza termica delle partizioni esterne) per garantire alte prestazioni energetiche con un importo di energia molto basso, *net zero energy, net zero carbon, EQuilibrium buildings*.[56]

Per quanto riguarda gli edifici n-ZEB non vi è definizione vincolante condivisa[57] a livello internazionale dalla comunità scientifica, ma viene fornita una proposta metodologica. Facendo riferimento alla Legislazione Italiana che attuava fino al 2018 la Direttiva europea 2010/31/UE,[58] Direttiva EPBD recast *(Energy Performance of Buildings Directive)* sulla prestazione energetica degli edifici, *"un edificio a energia quasi zero (nZEB) è definito come un edificio con prestazioni energetiche molto elevate in cui la quantità di energia quasi zero o molto bassa richiesta dovrebbe essere ampiamente coperta da fonti rinnovabili prodotte in loco o nelle vicinanze. Pertanto, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'integrazione delle energie rinnovabili negli edifici sono gli elementi chiave delle attuali politiche europee e nazionali per ridurre i consumi energetici degli edifici."*[59]

55 W. Stahl, k. Voss, a. Goetzberger, the self-sufficient solar house in Freiburg, Solar Energy, Vol. 52, No. 1, pp. 111-125, 1994. Fonte: http://hydrogene.onebus.fr/pdf/main.pdf

56 *International Energy Agency, Net Zero Energy Solar Buildings*.
Fonte: http://task40.iea-shc.org.

57 V.Corrado, Edifici ad energia quasi zero, presentazione 1°Giornata Nazionale dell'energia, Roma, 2015. Fonte: https://www.tuttoingegnere.it/images/04_Corrado.pdf

58 Nel 2018 la Direttiva europea 2010/31/UE sulla prestazione energetica degli edifici e Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica sono state sostituite dalla Direttiva europea 2018/844. "Il provvedimento, risultato della negoziazione del pacchetto di misure Clean Energy for all Europeans, pubblicato nel novembre 2016 dalla Commissione, rafforza e semplifica le disposizioni vigenti e mira a raggiungere gli obiettivi dell'Unione per l'energia e il clima al 2030." Fonte: http://www.efficienzaenergetica.enea.it/news-eventi/direttiva-ue-2018-844-pubblicata-in-gazzetta-ufficiale-dell2019unione-europea-revisione-degli-obblighi-per-edifici-pubblici-e-privati-1

59 V. Corrado, I. Ballarini, S.Paduos, E.Primo, Refurbishment of the residential building stock toward the nearly zero energy target through the application of the building typology, Energy Procedia Volume 101, November 2016, Pages 208-215, p. 208. Fonte: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021631236X

5.Efficienza energetica-Principi e strategie

60 International Energy Agency, Report Energy Efficiency 2018, Analysis and outlooks to 2040.
Fonte: https://www.iea.org/efficiency2018/

61 Ibidem, p. 82.

L'efficienza energetica è un obiettivo centrale della politica energetica attuale. Esso è uno dei principali strumenti per contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici e raggiungere lo sviluppo sostenibile. Dopo la crisi energetica degli anni Settanta sono stati compiuti grandi sforzi per indagare la questione, concentrandosi sulla misurazione dell'efficienza energetica, comprendendone le tendenze e gli impatti sul consumo energetico per progettare politiche di efficienza energetica. Secondo i dati pubblicati dall'IEA *(International Energy Agency)*[60] la domanda globale di energia è cresciuta del 2% nel 2017 dopo due anni di bassa crescita. A livello globale, gli incrementi delle strategie per garantire l'efficienza energetica hanno impedito un aumento del 12% del consumo energetico dal 2000 al 2017. Inoltre nel settore edilizio l'utilizzo delle politiche energetiche e delle tecnologie esistenti può garantire un aumento del 40% dell'efficienza energetica per unità di superficie e alcun aumento della domanda complessiva di energia per il futuro patrimonio edilizio globale, che si stimi di raggiungere nel 2040 oltre il 60% rispetto a quello attuale (in termini di superficie). Nel 2017, gli edifici e gli elettrodomestici sono stati responsabili di circa il 30% del consumo finale globale di energia. Il consumo energetico degli edifici è aumentato dello 0,8% rispetto al 2016 e del 20% tra il 2000 e il 2017. Questa crescita è stata trainata principalmente da fattori strutturali quali l'aumento della superficie, l'occupazione e l'accesso ai servizi, nonché l'aumento dell'attività, compresi i cambiamenti demografici, climatici e l'uso degli elettrodomestici. (*Energy Efficiency Report, 2018)*[61]

L'efficienza energetica può essere raggiunta attraverso una buona progettazione e integrazione tra strategie passive di guadagno termico e raffrescamento passivo e sistemi attivi alimentati da energia da fonti rinnovabili. La considerazione delle condizioni climatiche del sito di costruzione, l'orientamento dell'edificio, la morfologia del contesto urbano, la diminuzione delle dispersioni di energia attraverso un involucro isolato, l'utilizzo di elettrodomestici ed attrezzature elettroniche etichettate energeticamente e l'utilizzo di lampade a LED sono tra le strategie più comuni che riducono il consumo di energia. Un ulteriore strumento da applicare agli edifici per poter controllare, monitorare e gestire l'uso dell'energia sono i sistemi BACS (*Building Automation and Control System)*, sistemi di controllo computerizzati in grado di fornire l'energia in funzione della domanda. Le funzioni principali di questo sistema sono di mantenere il controllo delle condizioni di comfort degli ambienti interni (temperatura e umidità), di gestire i sistemi in base all'occupazione e al fabbisogno energetico (la ventilazione meccanica e/o naturale, la produzione di acqua calda sanitaria e l'illuminazione artificiale e/o naturale) e di monitorare e correggere le prestazioni degli impianti.

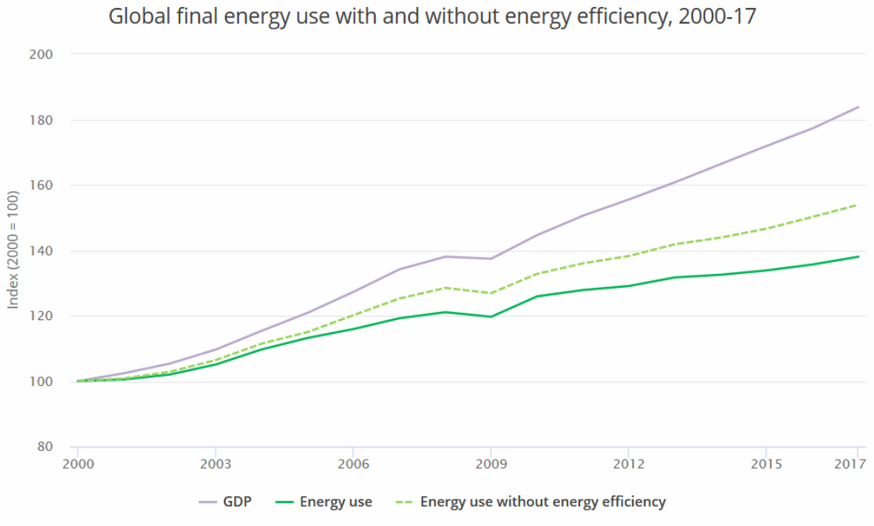


Figura 28. Uso globale dell'energia con o senza efficienza energetica dal 2000 al 2017.
Fonte: https://www.iea.org/efficiency2018/

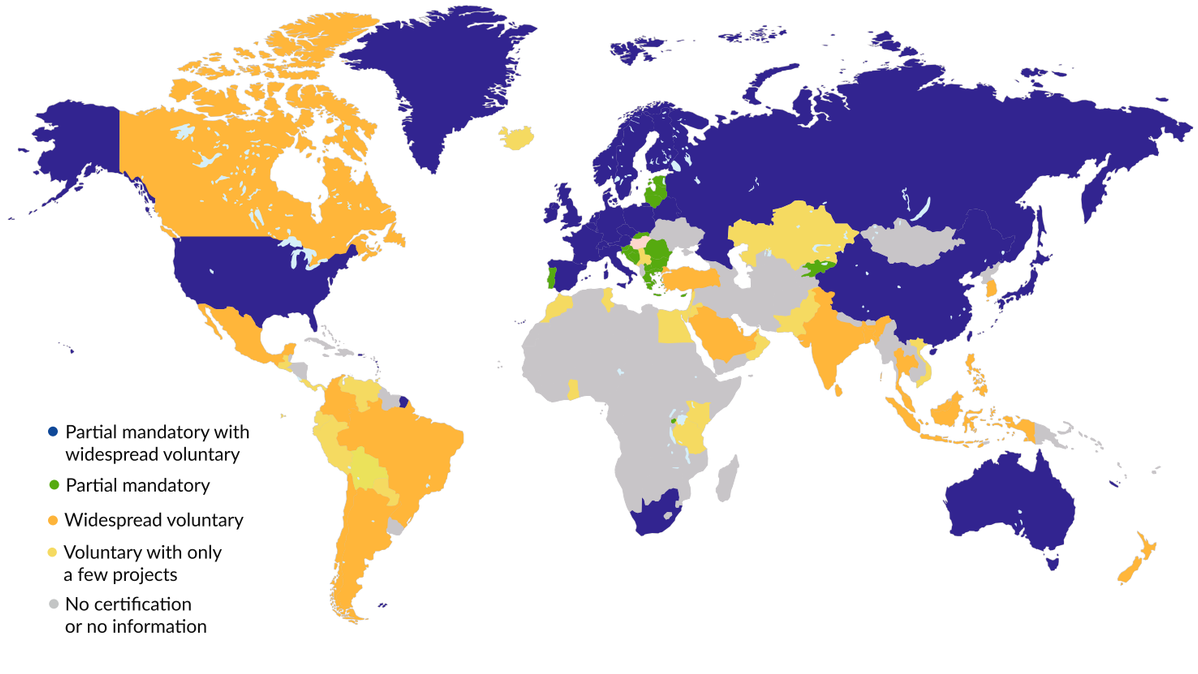


Figura 29. Programma di certificazione energetica degli edifici per regione geografica.
Fonte: Global Alliance for Buildings and Construction, United Nations Environment, International Energy Agency, *2018 Global Status Report. Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*, 2018, p. 11. Fonte: https://www.globalabc.org/

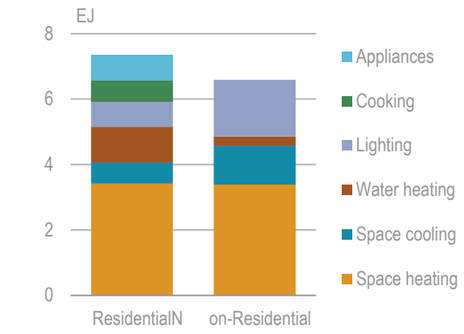


Figura 30. Scomposizione dell'uso globale dell'energia negli edifici dal 2000 al 2017.
Fonte: https://www.iea.org/efficiency2018/

Capitolo 3.
Solar Decathlon-Obiettivi. Funzionamento. Criteri

1. Istituzione e *Sponsor* organizzativi Solar Decathlon

Solar Decathlon fu istituito nel 2002 all'interno del Solar Technologies Program dell'ufficio di Energy Efficiency and Renewable Energy del DOE *(Department of Energy)* degli Stati Uniti d'America in collaborazione con NREL *(National Renewable Energy Laboratory, un altro dipartimento del DOE)*, *BP Solar, The Home Depot, EDS (Electronic Data Systems) e l'American Institute of Architects,* sotto la guida del direttore del concorso Solar Decathlon e leader del team fotovoltaico nel programma solare, Richard King.[62] Allora 14 team di college e università degli Stati Uniti avevano partecipato per progettare e costruire case unifamiliari ad alta efficienza energetica, completamente alimentate da energia solare (l'energia per ogni casa era limitata all'energia solare incidente sulla casa durante la gara). Ogni progetto fu valutato sulla base di 10 criteri. Ogni team è stato sponsorizzato con una somma in denaro pari a 5000 $ dagli organizzatori (che fungevano anche da sponsor) della competizione, mentre il restante della somma necessaria per la costruzione, il trasporto del prototipo e del team e altri spese aggiuntive, ad esempio l'acquisto di software, dovevano essere sostenuti dai team stessi. Attualmente la competizione è impostata sullo stesso funzionamento. Le squadre propongono la loro candidatura, vengono selezionate un massimo di venti team, ognuno sponsorizzato con una somma di 100 000 $, sono responsabili della ricerca di altri finanziamenti per il proprio progetto e per la propria squadra. Uno degli elementi che varia da edizione a edizione è rappresentato dagli sponsor (ad eccezione del DOE) ed insieme a questo anche il fondo iniziale destinato ai team. Infatti a seconda della somma che l'organizzazione riesce a raccogliere, i team possono ricevere un fondo inziale maggiore o minore dei 100 000 $. Inoltre dal 2017 le squadre sono stati anche premiati con somme in denaro dopo la competizione, a seconda della posizione raggiunta in classifica.

62 Solar Decathlon 2002: The Event in Review. Fonte: https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33151.pdf

2. Il funzionamento

Il Solar Decathlon è una competizione internazionale tra diverse università, istituita dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti d'America. Gli studenti partecipanti devono progettare, costruire e gestire una casa n-ZEB, energeticamente autosufficiente, alimentata interamente da energia solare. I vincitori della competizione sono quelli che riesco a intrecciare al meglio il design architettonico ed ingegneristico all'innovazione, al potenziale di mercato, all'efficienza energetica e alla produzione di energia rinnovabile. Le case sono valutate attraverso 10 criteri o contest, da cui deriva in nome decathlon, in tre modalità diverse: valutazione della giuria (la giuria composta da esperti in settori quali l'architettura, l'ingegneria, la costruzione di case, l'uso e il riutilizzo dell'acqua, la comunicazione, premiano gli aspetti non misurabili, come l'estetica, l'ispirazione progettuale e l'innovazione), monitoraggio delle performance (i prototipi partecipanti e gli elettrodomestici funzionano secondo criteri specifici, come il mantenimento della temperatura e dell'umidità interna in un intervallo ristretto, la garanzia che i frigoriferi mantengano temperature adeguate e il controllo accurato del flusso di elettricità tra la casa e l'utenza) ,esecuzione delle attività richieste (le squadre completano compiti che simulano la vita moderna. Svolgono le faccende domestiche come cucinare e fare il bucato. Ospitano cene e serate di gioco per gli altri concorrenti e sono tenuti a registrare i chilometri alla guida di un veicolo elettrico caricato dall'impianto solare elettrico della casa.

3.Obiettivi delle competizioni SDE 2014. SD LAC 2015. SD 2017. SDME 2018

L'obiettivo trainante di questa competizione è la sensibilizzazione all'uso di energia pulita nel contesto del settore edilizio residenziale. L'organizzazione Solar Decathlon promuove la ricerca per lo sviluppo delle abitazioni energeticamente efficienti, che utilizzano l'energia prodotta in situ attraverso pannelli fotovoltaici. Le tecnologie e le soluzioni utilizzate nelle case partecipanti alla competizione, sin dal 2002, hanno contribuito allo sviluppo del settore edilizio verso una visione più sostenibile e attenta all'ambiente, sia negli Stati Uniti d'America sia negli altri paesi partecipanti. Il secondo obiettivo molto importante è rivolto agli studenti e alle diverse figure professionali che partecipano e collaborano alla realizzazione del progetto. Per gli studenti rappresenta un'esperienza unica e molto formativa. È vista come un laboratorio sul campo, a diretto contatto con diverse sfide che vanno dalla collaborazione multidisciplinare all'interno della squadra, alla progettazione della casa rispettando i 10 criteri, alla ricerca di sponsor e fondi, alla gestione del cantiere e costruzione della casa nel sito della competizione. Durante questa esperienza gli studenti hanno la possibilità di mettere in pratica le nozioni acquisite in ambito universitario, ampliarle e conoscere le tecnologie e materiali innovativi, nell'ottica di un futuro sostenibile e rispettoso dell'ambiente. L'ultima componente a cui si rivolge il Solar Decathlon è il pubblico. Le persone che visitano il Villaggio Solare hanno la possibilità di entrare in ogni casa realizzata, essere informati sul funzionamento e costo; di come l'efficienza energetica e il comfort possono essere raggiunti attraverso la combinazione di sistemi attivi e passivi e materiali a basso impatto ambientale. La sensibilizzazione e la responsabilizzazione del pubblico è raggiunta tramite la dimostrazione, che una casa solare può avere un design innovativo, rispettare le condizioni di comfort richieste dall'utente, attraverso la combinazione di strategie passive e sistemi attivi e un uso intelligente delle risorse energetiche. *(About Solar Decathlon)*[63]

Dal 2010 l'organizzazione della competizione si espande su altri continenti tra cui Europa, Asia, America Latina,[64] Medio Oriente[65] e Africa grazie all'interesse sempre crescente, verso la sostenibilità edilizia, da parte degi studenti e degli atenei. I regolamenti delle rispettive competizioni, aggiungono agli obiettivi sopra descritti, altri specifici delle necessità territoriali, economiche, sociali e culturali. Di seguito vengono descritti i principali obiettivi aggiunti nell'ultime edizioni per poter capire come cambiano le competizioni da paese a paese e soprattutto quale è la tendenza nel settore dell'edilizia sostenibile.

63 Solar Decathlon. Fonte: https://www.solardecathlon.gov/about.html

64 America è un unico continente secondo il Modello a 6 continenti adottato dalle Nazioni Unite. Qui viene suddiviso in Nord America e Sud America per una lettura immediata.

65 Il Medio Oriente è una regione geografica, non un continente secondo il Modello a 6 continenti adottato dalle Nazioni Unite.

Tabella 2: Competizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2021. Aggiornamento 2019

Continente	Paese	Città	Competizioni SD passate	Competizioni SD future
America del Nord*	USA	Washington DC (5); Irvine, California (2); Denver, Colorado (1)	2002-2005-2007-2009-2011-2013-2015-2017	2019-2020
Europa	Spagna; Francia	Madrid (2); Versailles (1)	2010-2012-2014	2019-2021
Asia	China	Datong (1); Dezhou (1)	2013-2018	2020
America Latina*	Colombia	Cali (1)	2015	2019
Medio Oriente**	UAE	Dubai (1)	2018	2020
Africa	Marocco	Benguerir (1)	2019	?

*America è un unico continente secondo il Modello a 6 continenti adottato dalle Nazioni Unite. Qui viene suddiviso in Nord e Sud per una lettura immediata.
**Il Medio Oriente non è un cotinente, ma una regione geografica secondo il modello a 6 continenti adottato dalle Nazioni Unite.

Il Solar Decathlon nell'ultima edizione 2017 ha premiato i prototipi che nella fase progettuale e costruttiva hanno potenziato l'innovazione, le strategie di uso e riuso dell'acqua, l'uso intelligente dell'energia e il potenziale del mercato ed enfatizzato i costi contenuti per la progettazione architettonica e ingegneristica, l'efficienza energetica per sistemi di riscaldamento, raffrescamento, elettrodomestici e sistemi elettronici, la salute ed il comfort degli utenti e la comunicazione.

Tabella 3: Differenze tra i 10 Criteri di valutazione delle edizioni SD dal 2002 al 2017

Criteri SD 2002	Punteggio	**Criteri SD 2005**	Punteggio	**Criteri SD 2007**	Punteggio	**Criteri SD 2009**	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**Criteri SD 2011**	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio
1.Design e Vivibilità	200	1.Architettura	200	1.Architettura	200	1.Architettura	100	/	/	1.Architettura	100	/	/
2.Presentazione e Simulazione	100	2.Abitazione	100	2.Ingegneria	150	2.Fattibilità di mercato	100	/	/	2.Attrattiva sul mercato	100	/	/
3.Grafica e Comunicazione	100	3.Documentazione	100	3.Fattibilità di mercato	150	3.Ingegneria	100	/	/	3.Ingegneria	100	/	/
4.Zona comfort	100	4.Comunicazione	100	4.Comunicazione	100	4.Design Illuminotecnico	75	/	/	4.Comunicazione	100	/	/
5.Refrigerazione	100	5.Zona comfort	100	5.Zona comfort	100	5.Comunicazione	75	/	/	5.Accessibilità economica	100	/	/
6.Acqua calda	100	6.Elettrodomestici	100	6.Elettrodomestici	100	6.Zona comfort	100	Temperatura	50	6.Zona comfort	100	Temperatura	75
7.Bilancio energia energetica	100	7.Acqua calda	100	7.Acqua calda	100			Umidità	50			Umidità	25
8.Illuminazione	100	8.Illuminazione	100	8.Illuminazione	100	7.Acqua calda	100	/	/	7.Acqua calda	100	/	/
9.Lavorare da casa	100	9.Bilancio energia elettrica	100	9.Bilancio energia elettrica	100	8.Elettrodomestici	100	Frigorifero	10	8.Elettrodomestici	100	Frigorifero	10
10.Spostarsi	100	10.Spostarsi	100	10.Spostarsi	100			Freezer	10			Freezer	10
								Lavatrice	20			Lavatrice	20
								Asciugatrice	40			Asciugatrice	40
								Lavastoviglie	20			Lavastoviglie	20
						9.Intrattenimento domestico	100	Cottura cibi	20	9.Intrattenimento domestico	100	Illuminazione	40
								Illuminazione	30			Cottura cibi	20
								Pranzo	10			Cena	10
								Esposizione al pubblico	35			Elettronica per la casa	25
								Home theatre	5			Serata film	5
						10.Misurazione netta di energia	150	Bilancio energia elettrica	100	10.Bilancio energia elettrica	100	/	/
								Surplus energia elettrica	50				

Criteri SD 2013	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**Criteri SD 2015**	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**Criteri SD 2017**	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**4 NUOVI PUNTI CHIAVE**
1.Architettura	100	/	/	1.Architettura	100	/	/	1.Architettura	100	/	/	1. Costi contenuti per la progettazione
2.Attrattiva sul mercato	100	/	/	2.Attrattiva sul mercato	100	/	/	2.Potenziale di mercato	100	/	/	architettonica e ingegneristica
3.Ingegneria	100	/	/	3.Ingegneria	100	/	/	3.Ingegneria	100	/	/	2. Efficienza energetica per sistemi di
4.Comunicazione	100	/	/	4.Comunicazione	100	/	/	4.Comunicazione	100	/	/	riscaldamento, raffrescamento
5.Accessibilità economica	100	/	/	5.Accessibilità economica	100	/	/	5.Innovazione	100	/	/	elettrodomestici e sistemi elettronici
6.Zona comfort	100	Temperatura	75	6.Zona comfort	100	Temperatura	75	6.Acqua	100	/	/	3. Salute e comfort degli utenti
		Umidità	25			Umidità	25	7.Salute e comfort	100	Temperatura	55	4. Cominucazione
7.Acqua calda	100	/	/	7.Elettrodomestici	100	Frigorifero	10			Umidità	25	
8.Elettrodomestici	100	Frigorifero	10			Freezer	10			Qualità aria interna	10	
		Freezer	10			Lavatrice	16			Tenuta all'aria	10	
		Lavatrice	20			Asciugatrice	32	8.Elettrodomestici	100	Frigorifero	8	
		Asciugatrice	40			Lavastoviglie	17			Freezer	8	
		Lavastoviglie	20			Cottura cibi	15			Lavatrice	10	
9.Intrattenimento domestico	100	Illuminazione	40	8.Vita domestica	100	Illuminazione	25			Asciugatrice	20	
		Cottura cibi	20			Acqua calda	50			Cottura cibi	12	
		Cena	10			Elettronica per la casa	10			Acqua calda	42	
		Elettronica per la casa	25			Cena	10	9.Vita quotidiana	100	Illuminazione	30	
		Serata film	5			Serata film	5			Elettronica per la casa	10	
10.Bilancio energia elettrica	100	/	/	9.Pendolarismo	100	/	/			Cena	10	
				10.Bilancio energia elettrica	100	/	/			Serata giochi	5	
										Pendolarismo	45	
								10.Energia	100	Net zero energy	60	
										Valore energetico	40	

Il Solar Decathlon Europa nell'ultima edizione 2014 aggiunge l'obiettivo *"di fornire habitat che rispondano alla triplice sfida: energia, ambiente e società"* (Rules SDE).[66] Questo obiettivo è collegato ai concetti: di densità, come minimizzare il consumo del suolo dovuto alle costruzioni di case monofamiliari; di mobilità, come ci si può muovere in città dalla propria abitazione ai diversi servizi (lavoro, supermercato, svaghi) riducendo l'emissione di CO2 dovuta al trasporto; di sobrietà, riguardo la limitazione della richiesta e consumo energetici dei prototipi; di innovazione, riferito a diversi ambiti (architettura, costruttivo, sistemi energetici, arredamento, elettrodomestici) per raggiungere le prestazioni richieste; di accessibilità economica "la mera competizione orientata all'innovazione che coinvolge i partner industriali potrebbe portare ad un inevitabile aumento degli investimenti in attrezzature sofisticate e costose"(Rules SDE 2014) diventa necessario considerare l'aspetto accessibilità per poter applicare le strategie sostenibili architettoniche ed urbane.

Alle squadre partecipanti viene quindi richiesto di progettare un prototipo di casa adattato alla loro regione d'origine, pur essendo efficienti nel sito del concorso. Questa richiesta paradossale è evidenziata si dal fatto che ogni progetto deve essere una buona risposta ai contesti culturali, climatici e sociali della regione di Team, nonché un prototipo ad alte prestazioni che dovrebbe funzionare con successo nel breve periodo di tempo in cui si confronta con gli altri. Questa dualità vuole incoraggiare le giovani menti a riconoscere entrambe le fonti di ispirazione per il futuro: le condizioni molto locali di ogni Team legate alla propria terra e le dimensioni universali di un obiettivo comune internazionale per il pianeta. Questo doppio filone di pensiero si propone anche di instaurare un rapporto culturale innovativo con la R&S nel campo dell'edilizia: i futuri urbanisti, architetti, ingegneri, ingegneri e responsabili sociali e finanziari sono chiamati a trovare le soluzioni più adatte ad un contesto specifico e a condividere le idee più innovative con i colleghi di altri paesi.

66 Rules SDE 2014, Introduction. Fonte: http://www.solardecathlon2014.fr/en/competition

Tabella 4: Differenze tra i 10 Criteri di valutazione delle edizioni SDE 2010, 2012, 2014

Criteri SDE 2010	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**Criteri SDE 2012**	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**Criteri SDE 2014**	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**6 Nuovi punti chiave**
1.Architettura	120	/	/	1.Architettura	120	/	/	1.Architettura	120	/	/	1. Densità
2.Ingegneria e costruzioni	80	/	/	2.Ingegneria e costruzioni	80	/	/	2.Ingegneria e costruzioni	80	/	/	2. Mobilità
3.Impianto solare e Acqua calda	80	/	/	3.Efficienza energetica	80	/	/	3.Efficienza energetica	80	/	/	3. Sobrietà
4.Bilancio energia elettrica	120	Autosufficienza energetica	75	4.Bilancio energia elettrica	120	Autonomia elettrica	50	4.Bilancio energia elettrica	120	Carico di consumo per superficie	40	4. Innovazione
		Bilancio energia elettrica positivo	10			Correlazione temporale Consumo elettrico per superficie misurata	40 30			Bilancio elettrico positivo	25	5. Accessibilità economica
		Correlazione produzione/consumo	35	5.Condizioni di comfort	120	Temperatura	70			Correlazione temporale produzione/consumo	20	6. Contestualizzazione locale
5.Condizioni di comfort	120	Temperatura	70			Umidità	10			Adattamento della casa al carico della rete	20	
		Umidità	10			Qualità aria interna	5			Potenza di picco	15	
		Livello di illuminazione	20			Illuminazione area lavoro	20			Acustica	15	
		Livello acustico	15			Acustica	15	5.Condizioni di comfort	120	Temperatura	65	
6.Elettrodomestici	120	Frigorifero	5	6.Elettrodomestici	120	Frigorifero	5			Umidità	10	
		Freezer	5			Freezer	5			Qualità aria interna CO2	5	
		Lavatrice	20			Lavatrice	20			Qualità aria interna VOC	5	
		Asciugatrice	20			Asciugatrice	20			Luce Naturale	15	
		Lavastoviglie	15			Lavastoviglie	15			Acustica: Isolamento acustico della facciata	10	
		Esposizione al pubblico	10			Elettronica per la casa	5			Acustica: Tempo di riverbero zona giorno	5	
		Forno	15			Forno	15			Acustica: livello rumore HVAC/sistemi attivi	5	
		Cottura cibi	20			Cottura cibi	15					
		Cena	10			Acqua calda	20					
7.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	80	/	/	7.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	80	/	/	6.Funzionamento della casa	120	Frigorifero	5	
8.Industrializzazione e Attrattiva sul mercato	80	/	/	8.Industrializzazione e Attrattiva sul mercato	80	/	/			Freezer	5	
9.Innovazione	80	/	/	9.Innovazione	80	/	/			Lavatrice	10	
10.Sostenibilità	120	/	/	10.Sostenibilità	120	/	/			Asciugatrice	10	
										Lavastoviglie	10	
										Forno	10	
										Hot water draws	20	
										Cottura cibi	10	
										Elettronica per la casa	5	
										Cena	15	
										Bilancio acqua	20	
								7.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	120	/	/	
								8.Progettazione urbana, Trasporto, Accessibilità	80	/	/	
								9.Innovazione	80	/	/	
								10.Sostenibilità	120	/	/	

Tabella 4.1: Tipologie proposte in base ai contesti locali SDE 2014

Nuove tipologie abitative	Condivisione; Comunità	LUCERN TEAM, Svizzera
		BARCELONA TECH 2014, Spagna
	Sopraelevazione; Densità	ONTOP, Germania
		TEAM ROOFTOP Germania
		PLATEAU TEAM, Spagna
		TEAM UNICODE, Taiwan
	Innovazione	ROME 4 DENSITY, Italia
		DELFT VERSAILLES 2014, Paesi Bassi
		ATLANTIC CHALLENGE, Francia
		DTU TEAM, Danimarca
		TEAM BUCHAREST 2014, Romania
Affrontare le gravi minacce naturali	Terremoti	PARIS, Francia
	Inondazioni	CASA FENIX TEAM, Cile, Francia
	Maremoti	KMUTT TEAM, Thailandia
	Sicità	CHIBA UNIVERSITY, Giappone
		TEAM MEXICO UNAM, Messico
Nuove tipologie urbane: Innovazione	/	INSIDE OUT, USA, Germania
		RÉCIPROCITÉ, USA, Francia
Affrontrare importanti problematiche sociali	Invecchiamento della popolazione	TEC TEAM, Costa Rica
	Crescita demografica	TEAM SHUNYA, India

67 Generalmente il Regolamento dei vari SD richiedono un prototipo di casa montabile e smontabile e fondazioni non permanenti. Al completamento della competizione tutte squadre sono responsabili dello smontaggio e del trasporto del prototipo dal Villaggio Solare al proprio ateneo.

68 Rules SD Asia. Fonte: http://www.sdchina.org.cn/en/rules/

Il Solar Decathlon Asia nell'ultima edizione 2018 ha aggiunto l'obiettivo dell'uso permanente dei prototipi.[67] Le squadre devono tener conto nella progettazione dell'orientamento al mercato cinese e della mobilitazione attraverso veicoli elettrici; dell'attività post SDC 2018 in quanto il Villaggio Solare fa parte di un progetto urbano molto più ampio con lo scopo di promuovere l'uso del fotovoltaico; Villaggio Solare *low-carbon,* il primo prototipo di villaggio urbano in Cina a basso impatto ambientale. (Rules SD Cina 2018)[68]

Tabella 5: Differenze tra i 10 Criteri di valutazione delle edizioni SDC 2013, 2018

Criteri SDC 2013	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**Criteri SDC 2018**	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**3 fuovi punti chiave**
1.Architettura	100	/	/	1.Architettura	100	/	/	1. Orientamento sul mercato
2.Attrattività sul mercato	100	/	/	2.Attrattività sul mercato	100	/	/	2. Attività post SD
3.Ingegneria	100	/	/	3.Ingegneria	100	/	/	3. Villaggio solare *low-carbon*
4.Comunicazione	100	/	/	4.Comunicazione	100	/	/	
5.Impianto solare	100	/	/	5.Innovazione	100	/	/	
6.Zona comfort	100	Temperatura Umidità	75 25	6.Zona comfort	100	Temperatura Umidità Livelli CO2 Livelli PM 2.5	40 20 20 20	
7.Acqua calda	100	/	/					
8.Elettrodomestici	100	Frigorifero Freezer Lavatrice Asciugatrice Lavastoviglie	10 10 20 40 20	7.Elettrodomestici	100	Frigorifero Freezer Lavatrice Asciugatrice Lavastoviglie Cottura cibi	10 10 16 32 17 15	
9.Intrattenimento domestico	100	Illuminazione Cottura cibi Cena Elettronica per la casa Serata film	40 20 10 25 5	8.Intrattenimento domestico	100	Illuminazione Acqua calda Elettronica per la casa Cena Serata film	25 50 10 10 5	
10.Bilancio energia elettrica	100	/	/	9.Pendolarismo	100	/	/	
				10.Energia	100	Bilancio energia elettrica	80	
						Capacità di produzione	20	

Il Solar Decathlon America Latina e Caraibi dell'edizione del 2015 aggiunge l'obiettivo della progettazione di habitat che rispondano della triplice sfida: energia, ambiente e società. Gli studenti devono declinare le loro proposte di progettazione attraverso 4 principi: social housing per venire incontro all'altissimo tasso di disuguaglianza economica e sociale, il SD LAC "non diventa un concorso di progettazione di prodotti ad alto costo che sarebbe disponibile solo per la minoranza privilegiata"(Rules SD LAC 2015);[69] densità urbana, prevedere alloggi ad alta densità (120-200 unità abitative per ettaro con un'altezza massima di 8 piani) per minimizzare il consumo del suolo; uso efficiente delle risorse naturali attraverso strategie incorporate alla progettazione attente all'uso dell'energia, fornitura dell'acqua e gestione dei rifiuti per promuovere l'equilibrio ambientale e la disponibilità delle risorse; pertinenza regionale attraverso questo principio si sottolinea una maggiore importanza data ai prototipi attenti ed adatti ad un clima tropicale tipico della regione.

69 Rules SD LAC 2015, Solar Decathlon Introduction, p.8. http://solardecathlonlac.com/competencia/reglas/

Tabella 6: I 10 Criteri di valutazione dell'edizione SD LAC 2015

Criteri SD LAC 2015	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	**4 fuovi punti chiave**
1.Architettura	100	/	/	1.*Social housing*
2.Ingegneria e Costruzioni	100	/	/	2.Densità urbana
3.Efficienza energetica	100	Limite consumo energetico Correlazione produzione/consumo	50 50	3.Uso delle risorse naturali 4.Pertinenza regionale
4.Bilancio energia elettrica	100	Bilancio net zero energy Potenza al picco	60 40	
5.Condizioni di comfort 6.Funzionamento della casa	100	Temperatura Umidità Luce naturale Prestazione acustica dell'ambiente Frigorifero Freezer Lavatrice; Asciugatrice Microonde Blender Cottura cibi Elettronica per la casa Attività sociali Consumo acqua-Scarico WC Consumo acqua-il più basso consumo Hat water draws	50 20 20 10 8 12 5 5 10 7 15 2 10 18	
7.Comunicazione, Marketing, Sensibilizzazione sociale	100	/	/	
8.Progettazione urbana, Accessibilità	100	/	/	
9.Innovazione	100	/	/	
10.Sostenibilità	100	/	/	

70 Rules SDME 2018. Fonte: https://www.solardecathlonme.com/competition/rules

Il Solar Decathlon Medio Oriente dell'edizione 2018 redige il suo regolamento, gli obiettivi ed i principi che più si adattano al suo contesto climatico, ambientale e culturale intrecciando il Solar Decathlon Nord America Rules e Solar Decathlon Europa Rules. Ha come obiettivo aggiunto la progettazione di habitat che rispondano alla triplice sfida: energia, ambiente, società attraverso quattro principi: clima Medio Oriente, progettare edifici sostenibili ad alte prestazioni tenendo in considerazione il clima, il contesto sociale e culturale; innovazione, pur mantenendo la specificità del contesto, questo principio deve permeare tutti gli ambiti (architettura, costruzione, produzione energetica, impianti di condizionamento, arredamento, elettrodomestici, gestione dei sistemi); sobrietà fa riferimento all'ambito energetico, la produzione ed il consumo di energia elettrico deve essere intelligente; mobilità ridurre l'impatto ambientale grazie all'uso di veicoli elettrici alimentati dal surplus di energia elettrica prodotta dai pannelli fotovoltaici installati. (Rules SDME 2018)[70]

Tabella 7: I 10 Criteri di valutazione dell'edizione SDME 2018

Criteri SDME 2018	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	4 nuovi punti chiave
1.Architettura	100	/	/	1.Clima Medio Oriente
2.Ingegneria e Costruzioni	100	/	/	2.Innovazione
3.Gestione dell'energia	140	Consumo energetico per superficie Bilancio netto di energia elettrica Correlazione tra modelli di produzione-consumo temporaneo Domanda risposta	60 45 15 20	3.Sobrietà 4.Mobilità
4.Efficienza energetica	80	/	/	
5.Condizioni di comfort	120	Temperatura Umidità Qualità dell'aria - CO2 Illuminazione Isolamento acustico della facciata Rumore sistemi HVAC	75 15 5 15 10 5	
6.Funzionamento della casa	120	Frigorifero Freezer Bilancio acqua Lavatrice Asciugatrice Lavastoviglie Forno Hot water draws Cottura cibi Elettronica per la casa Cena	5 5 30 10 10 10 10 15 10 5 10	
7.Trasporto sostenibile	80	Guida Efficienza energetica alla guida	50 30	
8.Sostenibilità	100	/	/	
9.Comunicazione	80	/	/	
10.Innovazione	80	Architettura Ingegneria e Costruzioni Efficienza energetica Comunicazione Sostenibilità	15 20 20 10 15	

71 Rules SD Africa. Fonte: http://solardecathlonafrica.com/wp-content/uploads/2018/09/SDA-rules.pdf

Il primo Solar Decathlon Africa avrà luogo tra pochi mesi in Marocco. La particolarità degli obiettivi sta nell'importanza che si vuole dare alle caratteristiche locali e regionali del territorio africano. (Rules SD Africa)[71]

La descrizione della particolarità degli obiettivi, dei diversi Solar Decathlon, serve ad evidenziare come la tendenza delle nuove edizioni sia più incentrata sul concetto di sostenibilità olistica che spazia dal limitare il consumo del suolo alla flessibilità dell'arredamento per massimizzare l'uso dello spazio interno; dalla raccolta dell'acqua piovana al recupero delle acque grigie attraverso sistemi passivi; dalla produzione di energia elettrica con sistemi solari a come rendere più efficiente l'uso della stessa; dall'uso dei materiali costruttivi innovativi ed industrializzati a quelli locali e naturali; da prototipi di case monofamiliari ad edifici multipiano ad alta densità abitativa; dalla potenzialità di mercato di prototipi sempre più high-tech all'accessibilità economica dei ceti sociali a basso reddito attraverso il social housing.

Tabella 8: I 10 Criteri di valutazione dell'edizione SDA 2019

Criteri SDA 2019	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio	1 nuovo punto chiave
1.Architettura	100	/	/	1. Integrazione caratteristiche locali e regionali
2.Ingegneria e Costruzioni	100	/	/	
3.Attrattiva sul mercato	100	/	/	
4.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	100	/	/	
5.Elettrodomestici	100	Frigorifero Freezer Lavatrice Asciugatrice Forno Cottura cibi Lavastoviglie	14 14 14 16 18 12 12	
6.Vita domestica e Intrattenimento	100	Hot water draw Elettronica per la casa Cena Serata film Pendolarismo	26 10 13 11 40	
7.Condizioni di comfort	100	Temperatura Umidità Intensità luminosa	55 15 30	
8.Sostenibilità	100	/	/	
9.Bilancio energia elettrica	100	Prestazione energia elettrica Prestazione rapporto Correlazione pruzione consumo	60 20 20	
10.Innovazione	100	/	/	

4.Regolamento del concorso SD 2017

Le regole della competizione sono redatte all'interno del Rules SD. A seconda del luogo e anno della competizione sono fornite ulteriori informazioni sotto forma di acronimi. Per come è impostato il lavoro all'interno di questa tesi, il regolamento a cui si fa riferimento per la descrizione dei 10 criteri di valutazione è il Rules SD 2017, della competizione organizzata a Denver, Colorado negli Stati Uniti nel 2017. Successivamente vengono sono fatti degli approfondimenti riguardo i criteri utilizzati nelle altre competizioni, attraverso i corrispettivi Rules, SDE 2014, SD LAC 2015, SDC2018, SDME 2018 e SDA 2019, allo scopo di fornire un quadro generale sui cambiamenti e adattamenti della competizione americana in altri contesti.
Il regolamento è suddiviso in cinque sezioni (Introduction, Contests, Rules, Definitions, Appendix A, B, C, D, E, F, G)[72] e a parte il Building Code che hanno lo scopo di informare i partecipanti su tutti i dettagli riguardanti la competizione tra cui funzionamento, obiettivi, i 10 criteri di valutazione, regole costruttive, consegne.

72 Rules SD 2017 fonte: https://www.solardecathlon.gov/2017/assets/pdfs/sd2017-rules_final.pdf

4.1 Differenze tra i 10 Criteri di valutazione SDE 2014, SD LAC 2015, SD 2017, SDME 2018

Nell'ambito delle competizioni, le squadre partecipanti raggiungono gli obiettivi richiesti rispettando, nella fase progettuale, i 10 criteri di valutazione suddivisi a loro volta in diversi aspetti. L'ordine e la denominazione dei criteri può variare a seconda delle edizioni sia a livello internazionale, quindi da continente a continente, sia a livello nazionale, quindi da edizione a edizione sullo stesso continente. Nonostante la variazione, gli aspetti che descrivono i criteri si ripropongono uguali, in aggiunta o in completamento di voci esistenti. Di seguito viene fatta una descrizione dettagliata di ogni criterio di valutazione, prendendo come regolamento di riferimento Rules SD 2017 degli USA e paragonato a Rules SDE 2014, Rules SD LAC 2015, Rules SDC2018 e Rules SDME 2018 per eventuali integrazioni delle variazioni dei 10 criteri. Quindi per mantenere una continuità e logica descrittiva verranno presi come riferimenti i Rules delle ultime edizioni Solar Decathlon dei rispettivi continenti. Il fine è di comprendere quali sono gli aspetti, di ogni criterio, che vengono presi in considerazione nella fase progettuale e nella fase di valutazione durante le competizioni.

Capitolo 3.Solar Decathlon-Obiettivi. Funzionamento. Criteri

Tabella 9: Differenze tra i 10 Criteri di valutazione delle edizioni SDE 2014; SD LAC 2015; SD 2017; SDC 2018; SDME 2018; SDA 2019

Criteri SDE 2014	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio
1.Architettura	120	/	/
2.Ingegneria e costruzioni	80	/	/
3.Efficienza energetica	80	/	/
4.Bilancio energia elettrica	120	Carico di consumo per superficie	40
		Bilancio elettrico positivo	25
		Correlazione temporale produzione/consumo	20
		Adattamento della casa al carico della rete	20
		Potenza di picco	15
5.Condizioni di comfort	120	Temperatura	65
		Umidità	10
		Qualità aria interna CO2	5
		Qualità aria interna VOC	5
		Luce Naturale	15
		Acustica: Isolamento acustico della facciata	10
		Acustica: Tempo di riverbero zona giorno	5
		Acustica: livello rumore HVAC/sistemi attivi	5
6.Funzionamento della casa	120	Frigorifero	5
		Freezer	5
		Lavatrice	10
		Asciugatrice	10
		Lavastoviglie	10
		Forno	10
		Hot water draws	20
		Cottura cibi	10
		Elettronica per la casa	5
		Cena	15
		Bilancio acqua	20
7.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	120	/	/
8.Progettazione urbana, Trasporto, Accessibilità	80	/	/
9.Innovazione	80	/	/
10.Sostenibilità	120	/	/

Criteri SDLAC 2015	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio
1.Architettura	100	/	/
2.Ingegneria e costruzioni	100	/	/
3.Efficienza energetica	100	Limite consumo energetico	50
		Correlazione temporale produzione/consumo	50
4.Bilancio energia elettrica	100	Bilancio net zero energy	60
		Potenza al picco	40
5.Condizioni di comfort	100	Temperatura	50
		Umidità	20
		Luce naturale	20
		Prestazione acustica dell'ambiente	10
6.Funzionamento della casa	100	Frigorifero	8
		Freezer	8
		Lavatrice; Asciugatrice	12
		Microonde	5
		Blender	5
		Cottura cibi	10
		Elettronica per la casa	7
		Attività sociali	15
		Consumo acqua-Scarico WC	2
		Consumo acqua-il più basso consumo	10
		Hat water draws	18
7.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	100	/	/
8.Progettazione urbana, Trasporto, Accessibilità	100	/	/
9.Innovazione	100	/	/
10.Sostenibilità	100	/	/

Criteri SD 2017	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio
1.Architettura	100	/	/
2.Potenziale di mercato	100	/	/
3.Ingegneria	100	/	/
4.Comunicazione	100	/	/
5.Innovazione	100	/	/
6.Acqua	100	/	/
7.Salute e comfort	100	Temperatura	55
		Umidità	25
		Qualità aria interna	10
		Tenuta all'aria	10
8.Elettrodomestici	100	Frigorifero	8
		Freezer	8
		Lavatrice	10
		Asciugatrice	20
		Cottura cibi	12
		Acqua calda	42
9.Vita quotidiana	100	Illuminazione	30
		Elettronica per la casa	10
		Cena	10
		Serata giochi	5
		Pendolarismo	45
10.Energia	100	Net zero energy	60
		Valore energetico	40

Criteri SDC 2018	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio
1.Architettura	100	/	/
2.Attrattività sul mercato	100	/	/
3.Ingegneria	100	/	/
4.Comunicazione	100	/	/
5.Innovazione	100	/	/
6.Zona comfort	100	Temperatura	40
		Umidità	20
		Livelli CO2	20
		Livelli PM 2.5	20
7.Elettrodomestici	100	Frigorifero	10
		Freezer	10
		Lavatrice	16
		Asciugatrice	32
		Lavastoviglie	17
		Cottura cibi	15
		Illuminazione	25
8.Intrattenimento domestico		Acqua calda	50
		Elettronica per la casa	10
	100	Cena	10
		Serata film	5
9.Pendolarismo	100	/	/
10.Energia	100	Bilancio energia elettrica	80
		Capacità di produzione	20

Criteri SDME 2018	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio
1.Architettura	100	/	/
2.Ingegneria e Costruzioni	100	/	/
3.Gestione dell'energia	140	Carico di consumo per superficie	60
		Bilancio netto di energia elettrica	45
		Correlazione tra modelli di produzione-consumo temporale	15
		Domanda risposta	20
4.Efficienza energetica	80	/	/
5.Condizioni di comfort	120	Temperatura	75
		Umidità	15
		Qualità dell'aria - CO2	5
		Illuminazione	15
		Isolamento acustico della facciata	10
		Rumore sistemi HVAC	5
6.Funzionamento della casa	120	Frigorifero	5
		Freezer	5
		Bilancio acqua	30
		Lavatrice	10
		Asciugatrice	10
		Lavastoviglie	10
		Forno	10
		Hot water draws	15
		Cottura cibi	10
		Elettronica per la casa	5
		Cena	10
7.Trasporto sostenibile	80	Guida	50
		Efficienza energetica alla guida	30
8.Sostenibilità	100	/	/
9.Comunicazione	80	/	/
10.Innovazione	80	Architettura	15
		Ingegneria e Costruzioni	20
		Efficienza energetica	20
		Comunicazione	10
		Sostenibilità	15

Criteri SDA 2019	Punteggio	Criteri aggiuntivi	Punteggio
1.Architettura	100	/	/
2.Ingegneria e Costruzioni	100	/	/
3.Attrattiva sul mercato	100	/	/
4.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	100	/	/
5.Elettrodomestici	100	Frigorifero	14
		Freezer	14
		Lavatrice	14
		Asciugatrice	16
		Forno	18
		Cottura cibi	12
		Lavastoviglie	12
6.Vita domestica e Intrattenimento	100	Hot water draw	26
		Elettronica per la casa	10
		Cena	13
		Serata film	11
		Pendolarismo	40
7.Condizioni di comfort	100	Temperatura	55
		Umidità	15
		Intensità luminosa	30
8.Sostenibilità	100	/	/
9.Bilancio energia elettrica	100	Prestazione energia elettrica	60
		Prestazione rapporto	20
		Correlazione produzione consumo	20
10.Innovazione	100	/	/

4.1.1 Architettura

Una giuria di architetti, urbanisti e sociologi, assegna un punteggio complessivo di massimo 100 punti[73] per i seguenti aspetti; la coerenza tra il concept architettonico, l'approccio progettuale e risultato finale, l'integrazione tra tecnologia e architettura, l'integrazione tra edificio e contesto urbano, la capacità di affrontare le sfide in fase progettuale e di esecuzione, la qualità del risultato estetico finale; l'innovazione e l'implementazione architettonica considerando l'efficacia della composizione architettonica del progetto attraverso un design olistico ed integrato tra spazio, struttura e involucro dell'edificio, integrazione dell'illuminazione naturale ed elettrica del prototipo, la scelta dei materiali e la qualità dell'esecuzione dei dettagli costruttivi in fase di cantiere, integrazione delle questioni di efficienza energetica, la tecnologia di produzione energetica e prestazioni, livello di integrazione tra le strategie di trasporto e pre-fabbricazione; la documentazione e la presentazione servono alla valutazione preliminare del progetto prima del suo arrivo nel Villaggio Solare, quindi è fondamentale l'efficacia della comunicazione attraverso la tecnologia digitale (fotografia e grafica) e l'accuratezza dei disegni tecnici. Due aspetti particolari sono stati aggiunti nelle l'edizione SDE 2014, SD LAC 2015 e SD ME 2018 riguardano l'integrazione di strategie bioclimatiche e l'uso dei materiali e risorse locali disponibili nel contesto ambientale di ogni progetto.

73 Il numero dei punti varia solo per le edizioni europee. Viene assegnato un punteggio di 120 per questo criterio.

74 Le squadre devono definire un cliente target con un livello minimo di specificità come indicato nella *Table 2*. Il mercato target definito per la casa prototipo del concorso deve essere una residenza primaria destinata ad essere occupata tutto l'anno. La giuria valuterà tutti i dettagli costruttivi, stilistici e progettuali, come dimostrato dal prototipo del concorso nell'ambito del criterio Potenziale di mercato. Ad esempio, se la casa prototipo del concorso ha 2 bagni o 3 bagni è meno rilevante rispetto alle scelte di design, funzionalità, materiali e dettagli fatti per il bagno.

75 Nel caso del SDE 2014, il punteggio massimo è di 80 punti.

76 HVAC, acronimo inglese che identifica un il sistema di riscaldamento e raffrescamento arttivo, *Heating, Ventilation and Air Cooling*.

4.1.2 Potenziale di mercato

Come si può dedurre dalle tabelle precedenti questo criterio non è presente nelle altre edizioni considerate tranne nel SDC 2018 (Attrattiva sul mercato, il quale considera gli stessi aspetti del Potenziale di Mercato declinati per le necessità del territorio cinese).
In questo contest gli studenti devono identificare il *target*[74] di mercato. Una giuria di professionisti del settore dell'edilizia residenziale assegna un punteggio complessivo di 100 punti per i seguenti aspetti: il potenziale di mercato tiene in considerazione: l'impatto positivo degli elementi progettuali che concorrono all'efficienza energetica del settore residenziale e allo sviluppo del settore industriale delle energie rinnovabili negli Stati Uniti; come il prototipo della casa, i materiali, le attrezzature ed il design interno ed esterno attraggono il cliente target; in che modo le strategie e le caratteristiche sostenibili della casa possono rendere commerciale il prototipo; la dimostrazione della necessità della prototipo e dei suoi componenti sul mercato; l'abitabilità che si identifica con la progettazione dei dettagli (architettonici, dell'illuminazione e altri comodità di una casa) per rendere il prototipo sicuro, confortevole, piacevole e soddisfacente delle esigenze del cliente target; il rapporto costo-efficacia fa riferimento al valore economico della casa, al valore aggiunto dovuto alle strategie sostenibili integrate, all'efficacia dei costi nelle decisioni progettuali, all'analisi di mercato e alla stima dei costi in linea con le aspettative di mercato; l'edificabilità fa riferimento: alla fattibilità costruttiva da parte di un appaltatore generale basandosi sulla documentazione di ogni prototipo fornita alla competizione; all' integrazione del progetto con il contesto, il clima e le richieste dell'utente target ; all'accuratezza della stima dei costi del progetto.

Table 2: Examples of Target Client Definition

Characteristic or Requirement	Example #1	Example #2	Example #3
Location of permanent site	Minot, ND	Folsom, CA	Boston, MA
Client demographic	Working professionals	Recent graduate	Retired individual
Household income	$85,000	$180,000	$30,000

4.1.3 Ingegneria

Una giuria di ingegneri assegna un punteggio complessivo di massimo di 100[75] punti per i seguenti aspetti: l'approccio del team nel sapere gestire le sfide della progettazione ingegneristica, la collaborazione multidisciplinare, l'integrazione ingegneristica con il design e con le tecnologie leader di mercato, l'uso dei software di modellazione e analisi energetica per la guida delle decisioni progettuali; la progettazione che tiene conto: della integrazione tra il funzionamento dei sistemi della casa e i dettagli di design , del comfort degli utenti grazie alla buona progettazione dell'involucro della casa, dell'uso di sistemi attivi HVAC[76] (per il controllo della temperatura, dell'umidità, delle asimmetrie di temperatura e stratificazioni), del dimensionamento dei sistemi energetici appropriato alle prestazioni annuali stimate del prototipo; l'efficienza energetica e l'efficacia del design in accordo con l'approccio ingegneristico; la prestazione del prototipo in riferimento alla manutenzione, alla

longevità, ai costi del ciclo di vita, al modo di operare dell'utente[77] e all'efficacia dell'involucro e dei materiali utilizzati nel prevenire la formazione di umidità, condensa e muffa; la documentazione e l'accuratezza dei disegni tecnici e dell'predimensionamento dell'impianto di produzione di energia elettrica, per consentire alla giuria una valutazione intermedia prima dell'arrivo del prototipo nel Villaggio Solare.

4.1.4 Comunicazione

Una giuria di professionisti nella comunicazione assegna un punteggio complessivo di 100[78] punti per i seguenti aspetti: la strategia in riferimento alle modalità, alle attività e ai materiali eseguiti dal team per poter esprimere in maniera completa, coerente, integrata e originale gli obiettivi del prototipo; l'implementazione dell'attività di sensibilizzazione del mercato locale, dell'uso di format digitali per coinvolgere il pubblico online ed informarlo sul Solar Decathlon, sulle attività della squadra e sul procedimento della progettazione; la comunicazione on-site riguarda la capacità della squadra di coinvolgere, informare, attrarre e gestire l'attenzione del pubblico attraverso display, modelli e altri materiali.

4.1.5 Innovazione

Una giuria di professionisti del settore industriale assegna un punteggio complessivo di 100 punti per i seguenti aspetti: la ricerca per sviluppare e decidere soluzioni progettuali oppure per contribuire alla scoperta, alla prototipazione, all'analisi e alla collaborazione nel processo di progettazione; la sostenibilità data dall'integrazione olistica tra strategie passive (selezione dei materiali, il ciclo di vita e le strategie locali) e le decisioni relative al design sostenibile, prodotti e prestazione; l'innovazione attraverso il design per soddisfare un'esigenza o un bisogno del mercato esistente; innovazione intesa come potenziale ambientale, sociale, culturale e commerciale immediato e a lungo termine; innovazione per incrementare la vivibilità della casa attraverso soluzioni olistiche attive e passive; nuove tecnologie uniche o atipiche per migliorare lo status quo; la relazione tra la missione, le strategie e gli obiettivi della squadra con l'innovazione; la durabilità e la sicurezza delle innovazione in relazione al ciclo di vita anticipato della casa e al miglioramento e mantenimento della sicurezza degli utenti.

4.1.6 Acqua

Una giuria di esperti del settore industriale assegna un punteggio complessivo di 100 punti per i seguenti aspetti: la conservazione in relazione alla diminuzione dell'utilizzo di acqua del prototipo di concorso rispetto ad una casa standard attraverso strategie integrate che limitano il consumo e incoraggiano l'utente al risparmio di questa risorsa; il recupero e il riutilizzo dell'acqua si riferiscono all'efficacia e all'impatto sulla salute e sulla sicurezza delle strategie adottate nel prototipo; la paesaggistica, il team deve tener conto del clima nella fase progettuale ed esecutiva del paesaggio; la selezione delle piante e la pianificazione devono essere adeguate alla disponibilità e all'utilizzo dell'acqua; nella progettazione paesaggistica si deve considerare l'efficienza energetica, la manutenzione, il deflusso dell'acqua e le metodologie di irrigazione.

4.1.7 Salute e comfort

L'assegnazione dei punti avviene sulla base delle misurazioni con sensori installati in ogni prototipo partecipante alla gara, durante la «Settimana di prova» o «Periodo di monitoraggio delle prestazioni», per un massimo di 100 punti. I parametri misurati sono la temperatura (per guadagnare il massimo dei punti la temperatura media a bulbo secco[79] interno deve essere compresa tra 20°C e 23.333°C; gli organizzatori identificheranno almeno due zone in ogni casa e misureranno la temperatura di ogni zona. La temperatura della zona che si discosta maggiormente dall'intervallo di temperatura target è la temperatura della zona di registrazione); l'umidità (per guadagnare il massimo dei punti l'umidità relativa media interna deve compresa tra 35% e 60%; gli organizzatori identificheranno almeno due zone di ogni casa e misureranno l'umidità di ogni zona. L'umidità della zona che si discosta maggiormente dall'intervallo di umidità target è l'umidità della zona di registrazione); la qualità dell'aria

77 Nei prototipi SD generalmente sono previsti sistemi elettronici hi-tech per gestire i consumi e gli impianti della casa. Gli utenti si devono quindi adattare ad una gestione computerizzata e molto tecnologica.

78 Nel caso del SDE 2014 e SDME 2018 il punteggio massimo è di 80 punti.

79 Temperatura a bulbo secco è la temperatura misurata da un comune termometro a bulbo. La misura di tale temperatura è assolutamente indipendente dall'umidità relativa dell'aria (U.R.). Fonte: http://web.taed.unifi.it/fisica_tecnica/Cellai/uso_del_diagramma_psicrometrico.pdf

indoor (per guadagnare il massimo dei punti bisogna mantenere il livello medio interno di CO2 inferiore a 1,000 ppm; gli organizzatori identificheranno almeno una zona in ogni casa e misureranno il livello di CO2 di ogni zona. Se viene raccolta più di una misurazione, il livello di CO2 che si discosta maggiormente dal livello di CO2 target è il livello di CO2 record); tenuta all'aria (per ottenere il massimo dei punti il livello di tenuta all'aria deve essere inferiore o uguale a 0,05 CFM 50/ft2; l'ermeticità all'aria può essere valutata in anticipo rispetto alla gara presso la sede universitaria da un fornitore terzo qualificato approvato dagli organizzatori e sarà misurata da un terzo qualificato assunto dagli organizzatori presso la sede della competizione all'ora indicata nell'Appendice A. La misura che si discosta maggiormente dalla tenuta all'aria di destinazione sarà scartata).
Per quanto riguarda questo criterio, le edizioni SDE, SD LAC e SDME hanno inserito ulteriori aspetti per migliorare il comfort e la salute dell'utente: l'acustica (tempo di riverbero del suono nella zona giorno) e la quantità di luce naturale degli ambienti interni (con un fattore di luce diurna superiore al 4%), il livello sonoro dell'impianto HVAC e degli altri sistemi attivi della casa e nuovi target per misurare la qualità dell'aria indoor (la concentrazione di VOC[80] che deve rimanere sotto i 30 μg/m^3).

80 VOC acronimo di Volatile Organic Compounds, sono composti chimici organici dotati di elevata tensione di vapore a temperatura ambiente e basso punto di ebollizione (da circa -50 °C a 260°C), che provoca l'evaporazione di molte molecole dalla fase liquida o solida presente nel composto verso l'aria ambiente. Un esempio tipico è la formaldeide che evapora da vernici, dalle pitture, dai collanti. I VOCs non presentano una tossicità acuta, ma possono avere effetti a lungo termine sulla salute umana. Fonte: Seminario tematico VOC e Rischio, corso di Materiali Sostenibili, ing. S. Pagliolico.

4.1.8 Elettrodomestici

Questo criterio simula l'uso dell'apparecchiatura elettrodomestica di una casa americana standard. Viene valutato sulla base del monitoraggio delle prestazioni degli elettrodomestici presenti nella casa e dell'esecuzione delle attività richieste durante la Settimana di prova. Il punteggio massimo che si può ottenere è 100 punti suddivisi nelle varie categorie aggiuntive. I parametri misurati durante i giorni specificati dall'organizzazione nell'Apendice-3 sono la temperatura media interna del frigorifero e del congelatore; il ciclo di lavaggi completi e ininterrotti di una lavatrice automatica contenente 6 asciugamani forniti dall'organizzazione; la qualità e il tempo di asciugatura dei 6 asciugamani attraverso un sistema attivo (asciugatrice automatica), un sistema passivo (uno stendibiancheria) oppure sistemi combinati; la cottura di cibi attraverso un apparecchio da cucina che vaporizza 2268 kg di acqua; la quantità di acqua calda (56,781 L) prelevata in 10 min. ad un temperatura media di almeno 43,333°C.
Nelle altre edizioni questo criterio viene arricchito con diversi aspetti, ancora più specifici e con target di misurazione determinati per diversi elettrodomestici, tra cui forno, microonde ed elettronica per la casa.

4.1.9 Vita quotidiana

Il criterio "Vita quotidiana" ha lo scopo di dimostrare se un prototipo Solar Decathlon può essere considerata una casa vera e propria. Per questo durante la Settimana di prova, i decathleti svolgono una varietà di attività richieste da parte della giuria, tra cui l'organizzare cene con altri partecipanti alla competizione, di un massimo di 6 invitati per casa, cucinare, utilizzare gli elettrodomestici, guardare la TV, usare il pc e ospitare serate gioco. Inoltre in un giorno prestabilito ogni squadra deve guidare il proprio veicolo elettrico, alimentato dall'impianto fotovoltaico della propria casa. Il punteggio massimo di 100 punti si raggiunge rispettando i seguenti aspetti: mantenere livelli di luce (naturale e artificiale) medio di 300 lux in tutta la casa per diverse ore ogni giorno di gara; utilizzare un televisore (schermo 68,58 cm minimo) e un computer (schermo 38,1 cm minimo) per diverse ore al giorno; ospitare due cene per i vicini di casa; ospitare una serata giochi per i vicini di casa; guidare un veicolo elettrico per almeno 40,2 km (25 miglia) in 75 minuti.
Questo criterio è riproposto in ogni edizione Solar Decathlon anche solo sotto forma di criterio aggiuntivo e declinato in base alle abitudini della cultura e del sito che ospita la competizione.

4.1.10 Energia

Il criterio viene valutato in base a due aspetti: la produzione di energia, un team riceve punteggio massimo per produrre almeno la quantità di energia necessaria alla sua casa, ottenendo così un consumo netto di energia pari a zero durante la competizione; il valore energetico per simulare l'accordo tra un consumatore, proprietario di una casa alimentata ad energia solare e il fornitore, incluso un accordo di misurazione della rete e le tariffe elettriche per il tempo di utilizzo. I tassi di tempo di utilizzo sono tipicamente basati sull'idea che

l'elettricità è più richiesta, e quindi più costosa, durante le ore del giorno in cui le temperature sono più alte, e la maggior parte delle persone sono sveglie e a casa utilizzando una quantità significativa di elettricità. Ogni squadra ha iniziato la competizione con un addebito di $5.00 sul proprio "conto" per rappresentare i costi fissi di connessione alla rete elettrica. Nel corso della gara, ogni squadra potrebbe accumulare costi aggiuntivi a tariffe diverse, a seconda dell'ora del giorno, per il consumo netto di energia elettrica dalla rete Solar Decathlon. Ad ogni squadra possono essere accreditati importi diversi, a seconda dell'ora del giorno, per la produzione netta di energia elettrica che ha fornito alla rete Solar Decathlon. Le squadre hanno guadagnato 100 punti, massimo, se hanno finito la competizione con un credito di $10.00 o più.
Nelle edizioni SDE, SD LAC e SDME viene fatta un'integrazione di criteri aggiuntivi volti a valutare diversi aspetti; il carico di consumo per superficie che stima l'efficienza energetica elettrica necessaria per soddisfare le condizioni di comfort interno ed il corretto funzionamento della casa. Alcuni consumi dipendono dalla superficie della casa (il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione) altri sono fissi (elettrodomestici). Il prototipo con il più basso consumo energetico guadagna il punteggio massimo; il bilancio elettrico positivo valuta la capacità degli impianti solari di produrre più energia rispetto alla richiesta della casa nella Settimana di prova; la correlazione temporale generazione-consumo dell'energia elettrica durante la Settimana di prova. Uno dei principali vantaggi della produzione fotovoltaica diffusa è che l'elettricità viene consumata nello stesso luogo in cui viene generata. Questo riduce la necessità di linee di trasmissione e minimizza le perdite di trasporto dell'elettricità. Questo effetto è massimizzato se l'elettricità viene consumata nello stesso momento in cui viene generata; l'adattamento della casa al carico della rete valuta positivamente la capacità delle case di ridurre il carico di picco della rete elettrica durante il giorno; la potenza di picco relativa al prelevamento dalla rete elettrica messa a disposizione nel Villaggio Solare.

4.1.11 Integrazioni criteri SDE 2014 e/o SD LAC 2015 e/o SDME 2018

Efficienza energetica

I team partecipanti devono dimostrare l'efficienza energetica della casa attraverso le strategie utilizzate per ridurre i consumi ed il funzionamento di tutti i componenti della casa. Una giuria composta da ingegneri specializzati in diversi ambiti valutano il prototipo e assegnano un punteggio massimo di 80 punti (120 per SD LAC 2015). I diversi aspetti presi in considerazione sono: l'efficienza dell'involucro in relazione ai materiali costruttivi e alle soluzioni adottate, l'efficienza dei sistemi passi, efficienza degli impianti HVAC, l'analisi del consumo energetico in fase progettuale (simulazioni, calcoli del fabbisogno, carichi temici), prestazioni termo-fisiche della casa e dei diversi elementi costruttivi, l'analisi energetica incorporata (per valutare l'energia incorporata, il consumo di acqua e di residui generati durante il processo costruttivo), la flessibilità della struttura e la possibilità di riutilizzo e di adattamento ai futuri cambiamenti tecnologici, l'efficienza degli elettrodomestici e sistemi elettronici in relazione alle dimensioni e agli utilizzi della casa, controllo automatico dei consumi delle casa attraverso display e in ultima analisi il rapporto tra la produzione di energia elettrica della abitazione e l'energia elettrica necessaria per alimentare il veicolo elettrico privato.

Progettazione urbana, trasporto, accessibilità

Questo criterio di valutazione vieni inserito per la prima volta nell'edizione europea del 2014 e riproposto nella competizione latino-americana del 2015. Lo scopo è di ampliare l'ideologia che sta alla base della competizione Solar Decathlon a livello urbano. Una giuria composta da urbanisti, architetti, sociologi e professionisti del settore edilizio e dello sviluppo, assegna un massimo di 120 punti ai team che hanno considerato nelle fasi progettuale e costruttiva, i seguenti aspetti: l'organizzazione spaziale dell'alloggio in relazione alla mobilità, alla politica locale territoriale e urbana valuta il contesto urbano generato dalla proposta progettuale, il consumo del suolo, la flessibilità che fornisce una varietà di tipologie abitative con possibilità di raggruppamento, l'integrazione dei mezzi di trasporto nel progetto; lo studio di fattibilità economica e modalità di produzione si incentra sui costi di costruzione, la coerenza costruttiva dei sistemi, l'utilizzo del know-how locale, le modalità di evoluzione del potenziale produttivo, il livello di standardizzazione; l'accessibilità economica e redditività di mercato considera le condizioni finanziarie per l'affitto, l'integrazione del progetto nelle politiche di edilizia popolare, l'identificazione del mercato target, modalità di vendita del prodotto, le strategie ed i mezzi per raggiungere i potenziali acquirenti, l'impatto economico delle caratteristiche di risparmio energetico d il sistema delle apparecchiature, l'impatto economico degli investimenti e del ritorno dell'energia rinnovabile, i costi di manutenzione, l'impatto economico delle strategie di mobilità.

Sostenibilità

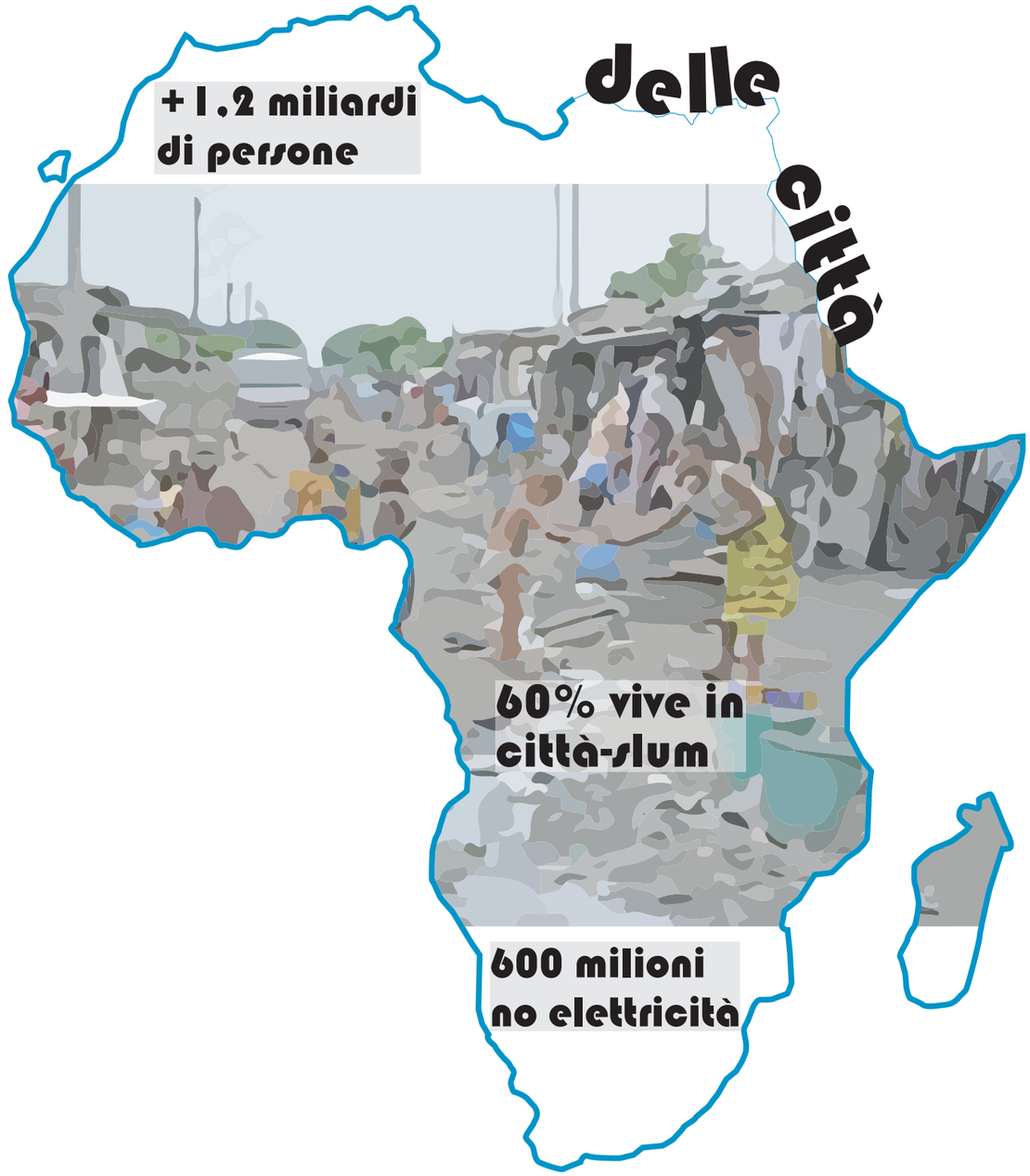
Il concetto di sostenibilità è presente in tutte le edizioni Solar Decathlon sia sotto forma di criterio, sia sotto forma di aspetto valutativo. Assume un'importanza spiccata al di fuori delle edizioni organizzate sul territorio nord americano. Il concetto non si limita solo alla dimensione della singola unità abitativa, ma si estende alla dimensione urbana prendendo in considerazione anche il settore della mobilità. Durante la competizione viene valutata l'abilità e la sensibilità ambientale nella progettazione della casa, nell'uso delle tecniche, dei materiali, dei sistemi e dei singoli componenti al fine di mitigare l'impatto della casa sull'ambiente "dalla culla alla culla" (dalla estrazione e lavorazione dei materiali utilizzati, alla fase di costruzione, al trasporto, all'utilizzo, alla dismissione). I progetti sono valutati da esperti in Architettura, Ingegneria e costruzioni, Efficienza energetica e Progettazione urbana, Trasporti e accessibilità economica sulla base dei seguenti aspetti con un'assegnazione di massimo 120 punti: il concept generale e la sostenibilità considera la relazione tra concept compositivo e dimensione urbana con l'obiettivo di perseguire la sostenibilità dell'ambiente costruito; la progettazione urbana, trasporto e accessibilità valuta come le strategie urbane e architettoniche contribuiscono alla sostenibilità ambientale, economica e sociale in relazione alle modalità di trasporto, efficienza energetica, redditività economica ed livello di industrializzazione; le strategie bioclimatiche riferite all'efficacia dei sistemi passivi di guadagno termico o raffrescamento, all'involucro della casa, alla prestazione delle partizioni trasparenti, alla quantità di luce naturale negli ambiente interni, alla flessibilità degli spazi interni, all'efficacia della ventilazione naturale; il sistema costruttivo valuta l'impatto positivo dei sistemi di raccolta e uso dell'acqua, della gestione dei rifiuti; i materiali scelti devono tenere conto del loro LCA, della possibilità di riutilizzo o di riciclo e della durata e necessità di manutenzione; i sistemi attivi vengono valutati sulla base della loro efficienza energetica e termo-fisica; i sistemi solari vengono valutati sulla base dei tempi di recupero dell'energia, delle emissioni CO2; l'acqua, di questa risorsa viene valutata la gestione, il risparmio, la conservazione, i trattamenti ed il riutilizzo; i rifiuti solidi dell'edificio vengono classificati e valutati in base alla fase di costruzione, utilizzo di progetto e alla dismissione; l'analisi del ciclo di vita dell'edificio.

5. Premi e menzioni speciali

Il Solar Decathlon è una competizione, di conseguenza le squadre partecipanti sono in gara tra loro per occupare il podio e vincere la competizione. Il primo posto è vinto dalla squadra che ha ottenuto il punteggio maggiore, il quale è dato dalla somma di tutti i punti dei 10 criteri, inclusi i punti bonus e le penalità. Per quanto riguarda la competizione americana del 2017, alle prime cinque squadre furono assegnati anche dei premi in denaro (primo posto 300 000 $; secondo 225 000 $; terzo 150 000 $; quarto 125 000 $; il quinto 100 000 $) per la prima volta nella storia del Solar Decathlon. Contemporaneamente alla classifica generale ce ne sono ancora due indipendenti. La prima fa riferimento alle menzioni speciali e consiste nel premiare la squadra che ha raggiunto il massimo dei punti in un determinato criterio. Quindi una sola squadra può vincere più di un premio, se il suo prototipo ha raggiunto il massimo dei punti in più di una categoria. La seconda classifica invece fa riferimento alla scelta del pubblico. La casa che ha raccolto più voti del pubblico, sia scritti che virtuali, si aggiudica il premio People's Choice Award, un premio molto ambito tra i partecipanti delle competizioni. La votazione da parte del pubblico, dai dati ufficiali è sempre stata organizzata tranne per il Solar Decathlon 2015, Orange County Great Park a Irvine, California, Stati Uniti.

PARTE II

AFRICA DELLE CITTÀ



Capitolo 1.
Africa: habitat e questioni energetiche

1. Workshop Benguerir - Hands on Solar Decathlon Africa

La seconda parte della tesi è incentrata su due fattori che identificano le ragioni per cui si è deciso di affrontare l'argomento Solar Decathlon. Il primo è determinato dalla la mia personale partecipazione al Solar Decathlon Africa 2019 come studente referente della parte progettuale architettonica, all'interno dell'*Inter House Team*.[1] Mentre il secondo fattore riguarda il ruolo del Solar Decathlon nel settore costruttivo presente e futuro. Attraverso questo percorso di tesi si cerca dunque di determinare l'efficacia della competizione Solar Decathlon nel produrre prototipi di abitazione adatti alle esigenze del contesto africano, in relazione alle tendenze dell'incremento demografico, dell'urbanizzazione e dell'elettrificazione e contribuire allo sviluppo sostenibile[2] inteso nella sua triplice dimensione (sociale, economica, ambientale) e di individuare le criticità e le potenzialità che ruotano intorno a questa esperienza globale, Solar Decathlon, che suscita l'interesse di istituti, studenti, ricercatori, aziende, professionisti, corporazioni, enti pubblici e privati e comuni cittadini di tutto il mondo, dall'America all'Europa, dall'Oceania, all'Asia e all'Africa.

Hands on Solar Decathlon Africa -The commitment to green technologies, innovation and the educational transformation of Africa è il secondo workshop organizzato al *Green Energy Park*,[3] Ben Guerir Marocco, dal 30 al 31 Gennaio 2019, per conto degli istitutori[4] del Solar Decathlon Africa 2019. Durante questi due giorni, le venti[5] squadre partecipanti si sono riunite per presentare l'evoluzione dei propri progetti e per incontrare i rappresentati delle aziende sponsor della competizione e assistere alle presentazioni degli ospiti.[6] Ho avuto l'occasione di partecipare di persona a questa unica e costruttiva esperienza insieme al referente dell'team italiano, l'ingegnere PhD in architettura Carlo Luigi Ostorero e al team marocchino della *Caddy Ayad University* guidato dall'ingegnere meccanico PhD Brahim Benhamou. Dalle presentazioni degli ospiti sono emerse una serie di argomenti chiave, riportati di seguito, per quanto riguarda le criticità e l'approccio progettuale da seguire nel contesto africano, così ricco di culture e tradizioni diverse, ma anche di problematiche; inoltre sono stati mostrati alcuni progetti urbanistici in fase di sviluppo in alcune aree del Marocco, che si pongono l'obiettivo di rispondere alle criticità del territorio nell'ottica dello sviluppo sostenibile attraverso l'innovazione tecnologica.

1.1 Tendenze demografiche e livelli di urbanizzazione

Dall'intervento dell'ospite Dr. Hassan Redoine, riguardante l'ambito architettonico-urbanistico, sono emersi due temi di maggiore rilevanza, la tendenza all'aumento demografico e dei livelli di urbanizzazione, che interessano le città, in particolare le città del continente Africa. Infatti le statistiche mostrano che la popolazione mondiale è raddoppiata dal 1970 (con 3,7 miliardi di persone) al 2018 (7,6 miliardi di persone) e si stima che raggiunga nel 2050 i 9,77 miliardi. Si prevede che più della metà della crescita demografica globale (circa 2,4 miliardi di persone), tra il 2015 e il 2050, si verifichi sul territorio africano (circa 1,3 miliardi).[7]

Una delle conseguenze immediate dell'aumento demografico è il trasferimento dalla campagna alla città, generalmente delle fasce giovani in cerca di nuove opportunità economiche, formative e sociali, il che determina l'espansione urbana. Questo processo definito come urbanizzazione, si verifica nei paesi sviluppati sino dalla prima Rivoluzione Industriale e ha generato un forte cambiamento socio-culturale, politico, ma soprattutto una forte crescita economica e una radicale trasformazione nelle dimensioni e nella distribuzione spaziale. Oggi a livello globale, secondo i dati presentati dalle Nazioni Unite (*World Urbanization prospect,* 2014)[8] più della metà della popolazione (il 54%) vive nelle aree urbane e per i prossimi tre decenni si prospetta raggiunga il 66%. Le regioni più urbanizzate comprendono l'America del Nord (l'82% nel 2014), l'America Latina e i Caraibi (80%) e l'Europa (73%). Al contrario, l'Africa e l'Asia rimangono per lo più rurali, con il 40% e il 48% delle rispettive popolazioni che vivono in aree urbane. Ma si stanno urbanizzando più velocemente delle altre e si prevede che diventeranno urbane rispettivamente del 56% e del

1 Inter House Team è una delle venti squadre che partecipa al primo Solar Decathlon organizzato sul continente africano a Ben Guerir, Marocco nel 2019. Il team è composto da quattro istituti universitari provenienti da tre continenti diversi Africa, America ed Europa: Colorado School of Mines (Colorado, Stati Uniti), Politecnico di Torino (Torino Italia), Université Cadi Ayyad (Marrakech, Marocco), École Nationale D'Architecture (Marrakech, Marocco), Écoles Nationales des Sciences Appliquées (Safi, Marocco). La collaborazione tra la squadra del Politecnico di Torino e Inter House Team termina nel febbraio 2019. Il sito ufficiale dell'Inter House Team è https://interhouse.club/

2 Lo sviluppo sostenibile fa riferimento a tre dimensioni: sociale, economico e ambientale. Ognuna di queste dimensioni si propone di raggiungere degli obiettivi: il potenziamento, la partecipazione, la mobilità sociale, la coesione sociale, l'identità culturale, sviluppo istituzionale per la dimensione sociale; la crescita, l'equità, l'efficienza per la dimensione economica; l'integrità eco sistemica, la capacità di carico, la biodiversità, la resilienza per la dimensione ambientale. Promuovere lo sviluppo sostenibile significa ricercare l'equilibrio fra questi tre diverse dimensioni e obiettivi.

3 Il Green Energy Park è una piattaforma di sperimentazione, ricerca e formazione sull'energia solare situata nella Città Verde di Ben Guerir, sviluppata dall'IRESEN (Institut de Recherche en Énergie Solaire et Énergies Nouvelles-Istituto per la ricerca sull'energia solare e le nuove energie) in collaborazione con Mohammed VI Polytechnic University, Ben Guerir Marocco con il sostegno del Ministero dell'energia, delle miniere, dell'acqua e dell'ambiente e del Gruppo OCP (Office chérifien des phosphates - leader della produzione mondiale di fosfato e acido fosforico ed è uno dei principali operatori a livello mondiale di fertilizzanti).

4 Gli istitutori del Solar Decathlon Africa 2019 sono il Ministry of Energy, Mines and Sustainable Development del Marocco, il DOE (Department of Energy) degli Stati Uniti e IRESEN Institut de Recherche en Énergie Solaire et Énergies Nouvelles, del Marocco. Durante il COP22 delle Nazioni Unite che si è tenuto a Marrakech, Marocco, queste istituzioni hanno firmato un memorandum d'intesa per collaborare allo sviluppo di Solar Decathlon AFRICA, un concorso che integrerà caratteristiche locali e regionali uniche, seguendo la filosofia, i principi e il modello del Department of Energy statunitense Solar Decathlon. Fonte: http://solardecathlonafrica.com/wp-content/uploads/2017/12/RFP-sda-1.pdf

5 Sul sito ufficiale del Solar Decathlon Africa è indicata la classificazione delle venti squadre partecipanti. http://solardecathlonafrica.com/participatingteams/

6 Nell'arco dei due anni di preparazione alla progettazione, sono stati organizzati due workshop dagli istitutori del Solar Decathlon Africa, allo scopo di mostrare ai decathleti i luoghi, la cultura e le tradizioni locali. Durante il secondo workshop sono stati invitati diverse figure chiave del contesto marocchino del settore Sviluppo e Ricerca negli ambiti architettonico, immobiliare e tecnologico-innovativo. A seconda della sfera di interesse, ogni invitato ha elaborato ed esposto una breve presentazione. In questo contesto si fa riferimento solo alle presentazioni degli ospiti che hanno affrontato argomenti riguardanti l'ambito architettonico-urbanistico: Dr. Hassan Redoine- Direttore della Scuola di Architettura, Pianificazione e Design, Mohammed VI Polytechnic University; Mike Louw, docente presso l'Università di Città del Capo, Sudafrica; Mounia Lahlou, direttore dello sviluppo SADV (Development corporation & Green development).

7 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. Fonte: https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf

8 United Nations, World Urbanization Report. The 2014 Revision, 2015, p. 22, p. 23, p.25. Fonte: https://www.un.org/development/desa/publications/publication

9 La regione sub Sahariana dell'Africa, espressione utilizzata nelle statistiche delle istituzioni dell'ONU, comprende tutti i paesi dell'Africa situati al sud del Deserto di Sahara, escluso il Sudan.

10 United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), This Habitat III PolicyPaper,2016. Fonte: http://www.habitat3.org/

64% entro il 2050.

Le tendenze dell'urbanizzazione sono direttamente legate allo sviluppo sostenibile. Con una buona pianificazione e amministrazione, la crescente concentrazione di persone negli insediamenti urbani può facilitare lo sviluppo economico e sociale, offrendo al tempo stesso opportunità per mitigare l'impatto negativo dei consumi e delle emissioni di gas serra in ambiente. Tuttavia, una rapida crescita urbana e non pianificata minaccia lo sviluppo sostenibile quando non vengono assicurate le infrastrutture necessarie o quando non vengono attuate politiche per proteggere l'ambiente e garantire che i benefici della vita cittadina siano equamente condivisi. L'aumento demografico in Africa ha già avviato il processo di trasferimento dalla campagna alla città di un notevole numero di persone, in cerca di nuove opportunità economiche, formative e sociali, contribuendo all'incremento del tasso di urbanizzazione. Ma le città africane di piccole, medie e grandi dimensioni non sono pronte ad accogliere il grande flusso di migrazione interna, in quanto spesso le autorità locali non prevedono piani urbanistici di espansione. Di conseguenza molte delle persone sono costrette a trovare rifugio negli alloggi informali oppure negli slum (circa il 61,7% della popolazione urbana subsahariana[9] quindi 200 milioni di persone abitano negli *slum*),[10] vivendo in condizioni di degrado, senza accesso ai servizi di base, quali fornitura di acqua potabile, servizi igienico-sanitari, fognari ed elettricità.

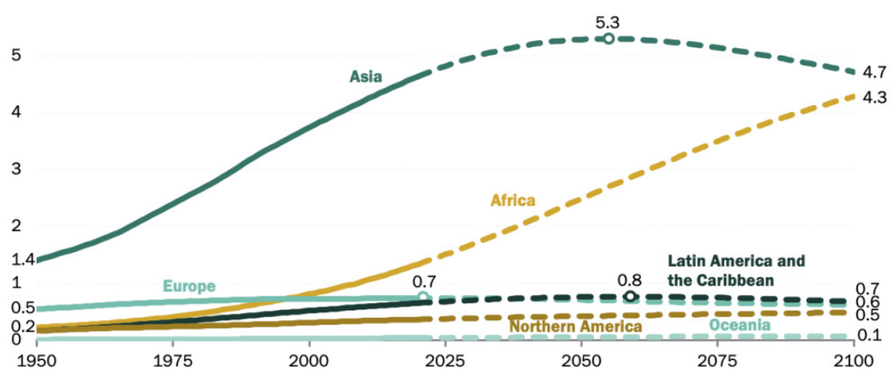


Figura 31. Aumento demografico mondiale. Il grafico mostra l'andamento demografico per ogni area geografica fino al 2100. Fonte: https://www.pewresearch.org/

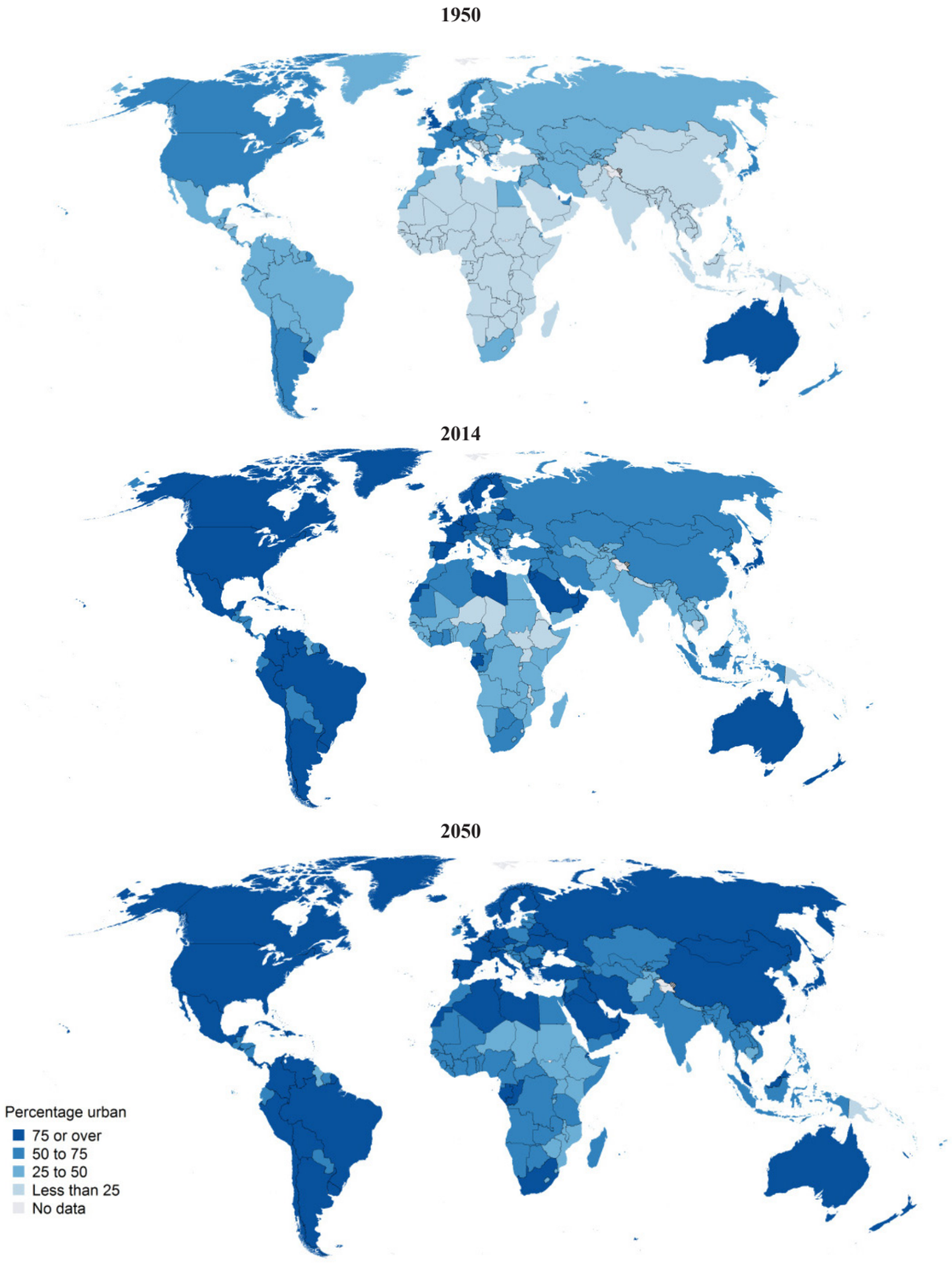


Figura 32. Percentuale della popolazione residente in aree urbane, 1950, 2014 e 2050.
Fonte: United Nations, World Urbanization prospect. The 2014 Revision, p.8.
https://www.un.org/development/desa/publications/publication

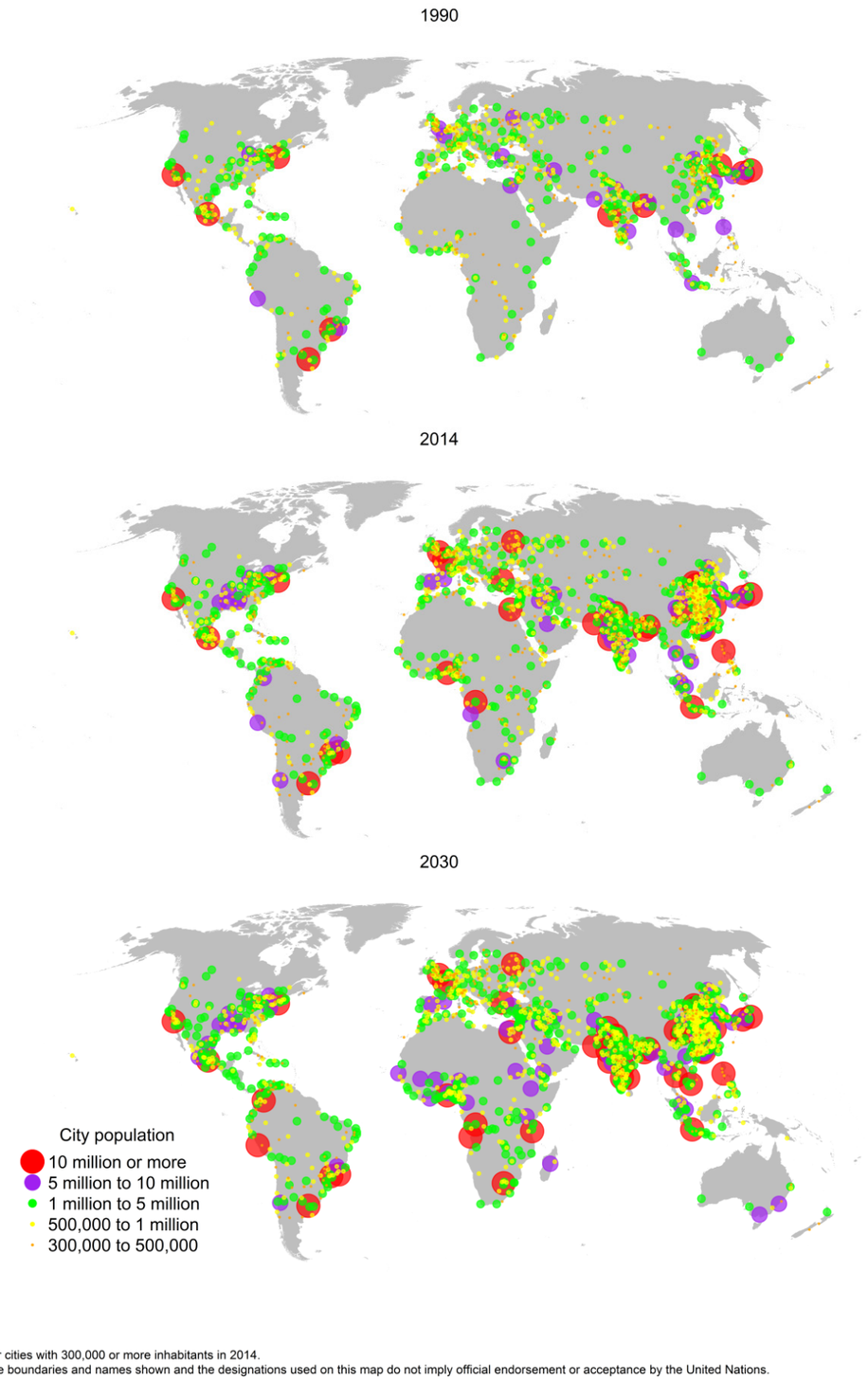


Figura 33. Le città del mondo per categoria dimensionale degli insediamenti urbani, 1990, 2014 e 2030.
Fonte: United Nations, World Urbanization prospect. The 2014 Revision, p.19.
https://www.un.org/development/desa/publications/publication

1.2 Integrare la Resilienza nelle città

Un terzo tema esposto dal Dr. Hassan Redoine e affrontato anche dalla direttrice dello Sviluppo Mounia Lahlou è l'integrazione tra il concetto di resilienza e l'urbanizzazione. Nel primo caso la resilienza urbana è intesa sia come obiettivo sia come strumento da perseguire e applicare alle città attuali e future, in cui la dimensione umana rappresenta il fulcro. Mentre nel secondo caso, essa è l'obiettivo da raggiungere attraverso una particolare attenzione alla dimensione tecnologica innovativa applicata agli edifici e all'ambiente costruito.

La resilienza urbana così come il concetto di sostenibilità, assume diversi significati nella letteratura ed è utilizzo in associazione a diversi aspetti. In un rapporto della *World Bank Group*[11] del 2015, la resilienza urbana è definita *"as the ability of a system, entity, community, or person to adapt to a variety of changing conditions and to withstand shocks while still maintaining its essential functions; […] Resilience is also about learning to live with the spectrum of risks that exist at the interface between people, the economy, and the environment,"*[12] mentre per UN-Habitat *"urban resilience is the measurable ability of any urban system, with its inhabitants, to maintain continuity through all shocks and stresses, while positively adapting and transforming toward sustainability."*[13] Si stima inoltre che senza investimenti significativi per migliorare la resilienza delle città di tutto il mondo, il cambiamento climatico potrebbe spingere alla povertà fino a 77 milioni di residenti urbani, mentre 325 milioni di persone estremamente povere abiteranno nei 49 paesi più esposti a rischi, entro il 2030. Paradossalmente le regioni geografiche più esposte ai rischi di catastrofe naturali sono i Paesi di via sviluppo. Ad esempio a causa dell'aumento delle temperature e dello scioglimento dei ghiacciai, il livello dell'acqua degli oceani si sta innalzando e sta mettendo a rischio la vita delle persone che abitano nelle città costiere. In Africa 12% delle città costiere che sono particolarmente soggette anche al processo di urbanizzazione non pianificato, (*The State of African Cities,* 2014)[14] si trovano già in una situazione di emergenza e sono particolarmente vulnerabili oltre all'innalzamento del livello del mare anche alle infiltrazioni saline, mareggiate, inondazioni ed erosione costiera. La comunità internazionale delle Nazioni Unite (attraverso l'obiettivo 11 dell'Agenda 2030, 11.Città e comunità sostenibili e la piattaforma *Urban Resilience Hub*),[15] riconosce e promuove l'importanza della resilienza urbana allo scopo di rispondere alle nuove sfide amplificate dai cambiamenti climatici e dall'instabilità sociale, dai terremoti alle inondazioni, dall'aumento dell'immigrazione agli attacchi cibernetici. Una città pianificata consente di preparare i cittadini a rispondere meglio all'insorgenza di questi fenomeni attesi o inattesi, di breve e lunga durata. Inoltre garantisce un livello maggiore di protezione per tutte le fasce della popolazione, un aumento dei vantaggi in termini di sviluppo e promuove un ambiente più appetibile agli investimenti. La resilienza si concentra su come individui, comunità e imprenditori non solo affrontano gli *shock* e gli *stress*, ma trovano anche opportunità per uno sviluppo trasformativo includendo le fasce più vulnerabili e povere. La resilienza è intesa sia come strumento di valutazione, di ottimizzazione e di prevenzione dagli impatti causati dal cambiamento climatico e dalle trasformazioni sociali negli ambienti costruiti, sia come obiettivo da raggiungere nella pianificazione delle nuove *smart green city* dove l'interdipendenza dalle problematiche urbane richiede un approccio multidisciplinare integrato a tutte le scale (territoriale, urbana e architettonica) e a tutte le dimensioni sociali.

11 World Bank Group, Investing in Urban Resilience. Protecting and Promoting Development in a Changing World, 2015, p.19. Fonte: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25219/109431-WP-P158937-PUBLIC-ABSTRACT-SENT-INVESTINGINURBANRESILIENCEProtectingandPromotingDevelopmentinaChangingWorld.pdf?sequence=1&isAllowed=y

12 "la resilienza come la capacità di un sistema, entità, comunità o persona di adattarsi a una varietà di condizioni mutevoli e di resistere agli shock pur mantenendo le sue funzioni essenziali; […] La resilienza significa anche imparare a convivere con lo spettro di rischi che esistono all'interfaccia tra le persone, l'economia e l'ambiente."

13 UN-Habitat, Pro-Poor Climate Action in Informal Settlements. Adressing the most vulnerable first, 2018. Fonte: https://new.unhabitat.org/pro-poor-climate-action-in-informal-settlement
"La resilienza urbana è la capacità misurabile di qualsiasi sistema urbano, con i suoi abitanti, di mantenere la continuità attraverso tutti gli shock e le sollecitazioni, adattandosi e trasformandosi positivamente verso la sostenibilità."

14 United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), The State of African Cities 2014. Re-imagining sustainable urban transitions, 2014, p.47. Fonte: https://new.unhabitat.org/

15 Le tre agenzie fondano Urban Resilience Hub per condividere report, ricerche e casi studio sulle strategie resilienti. UN-Habitat (United Nations Human Settlements Programme- Programma delle Nazioni Unite per gli insediamenti umani) è un'agenzia delle Nazioni Unite il cui compito è favorire un'urbanizzazione socialmente ed ambientalmente sostenibile e garantire a tutti il diritto ad avere una casa dignitosa; ICLEI (Local Govenments for Sustainability) è una rete globale di oltre 1750 governi locali e regionali impegnati nello sviluppo urbano sostenibile; C40 (C40 Cities Climate Leadership Group) è un gruppo di 94 delle più grandi città del mondo per intraprendere iniziative sulle azioni per il clima, aprendo la strada verso un futuro più sano e più sostenibile. In rappresentanza di oltre 700 milioni di cittadini e di un quarto dell'economia globale, i sindaci delle città C40 si sono impegnati a realizzare gli obiettivi più ambiziosi dell'accordo di Parigi a livello locale, oltre che a pulire l'aria che respiriamo. Fonte: http://urbanresiliencehub.org/globalreport/

Figura 34. Figura 4. Vista aerea Marrakech, Marocco. Foto scattata personalmente durante il volo Torino-Marrakech
29 gennaio 2019. Dalla foto si nota una quasi assenza di vegetazione e un tessuto edificato molto denso ed esteso, tipici delle città dal clima arido secco.

Figura 35. Ville Verte, Mohammed VI, un progetto di espansione urbana verso Sud della città di Ben Guerir, Marocco, contenente anche l'area destinata ad ospitare la competizione Solar Decathlon Africa 2019.L'intervento urbanistico presentato da Mounia Lahlou, mostra l'apporccio progettuale proposto dal Development Corporation & Green Development per una nuova città in Marocco.

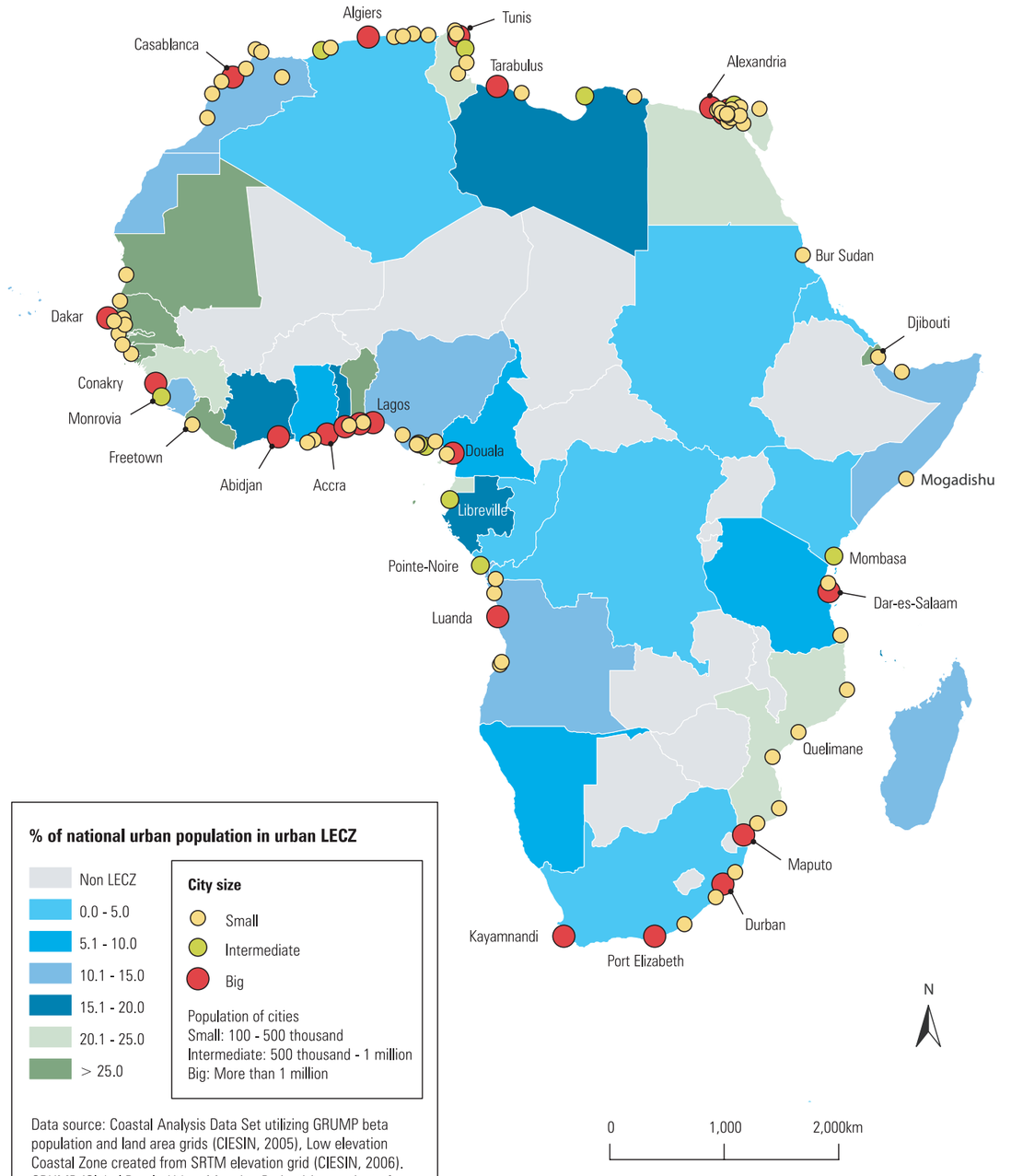


Figura 36. Le città dell'Africa a rischio a causa dell'innalzamento del livello dei mari. Fonte: United Nations Habitat, The State of African Cities 2014. Re-imagining sustainable urban transitions, 2014, p.47.
Fonte: https://www.un.org/ruleoflaw/un-and-the-rule-of-law/united-nations-human-settlements-programme/ nations-human-settlements-programme/

1.3 Approccio multiscala e interdisciplinare

L'ultimo tema affrontato dagli ospiti è legato agli approcci progettuali applicati ai contesti africani per promuovere l'architettura africana e la pianificazione urbanistico-territoriale, attraverso la ricerca, e sviluppare soluzioni innovative incentrate sull'uomo, per plasmare città e territori africani resilienti e sostenibili. Il fenomeno accelerato dell'urbanizzazione, che l'Africa sta sperimentando negli ultimi due decenni, ha attirato l'interesse delle agenzie di sviluppo e di ricerca e degli imprenditori immobiliari, oltre alle istituzioni intergovernative, nel sostenere una collaborazione interdisciplinare che ricopra diversi ambiti, allo scopo di rispondere alle sfide delle nuove città tra cui aumento della povertà, disuguaglianze ed esclusione sociali, scarsità di alloggi accessibili anche alle fasce più povere, infrastrutture di collegamento territoriali e urbane, fornitura di servizi di base, nonché l'adattamento ai cambiamenti climatici dei singoli edifici.

Per quanto riguarda l'approccio da applicare, essi possono essere svariati e dipendono dal contesto socio-culturale, dagli sviluppi storici, dalle dinamiche economiche e politiche dalla disponibilità di risorse e finanziamenti. *"Si riconosce la necessità di non basarsi su un modello di urbanizzazione «normale» che individua un percorso di sviluppo atteso per le città. Evitando questo approccio, le città africane non sono più casi di urbanizzazione fallita, ma piuttosto il risultato di processi storici (spesso di lunga durata) che devono essere studiati nella loro singolarità e analizzati a partire dalla considerazione fondamentale dell'interazione di fattori endogeni e fattori esogeni. […] Tuttavia, volendo rinvenire dei «fili rossi» per leggere la realtà urbana africana attraverso le sue diverse manifestazioni, si può riconoscere che esiste una caratteristica comune a buona parte delle città africane: la predominanza delle pratiche informali. Quella dell'«informalità» è senza dubbio una delle categorie attorno a cui costruire un discorso sulla città nel continente, che si parli di insediamenti, di accesso alla terra, di scambi commerciali o altri fenomeni ancora."*[16] Due casi studio che rappresentano approcci urbanistici e *stakeholders* distinti sono: in un primo caso un insieme di progetti di grande sviluppo immobiliare sostenibile[17] sovvenzionati da finanziamenti internazionali nelle principali città dell'Africa Occidentale, destinati ad accogliere una ristretta *élite* nazionale ed internazionale, mentre la popolazione locale povera è costretta a rimuovere gli alloggi informali temporanei in aree marginali della città; il secondo invece è un progetto di *upgrading* dello *slum* Korogocho nella periferia di Nairobi, Kenya che contava circa 100 mila abitanti.[18] Nel 2008 una cooperazione italiana, UN-Habitat, il governo del Kenya ed il municipio di Nairobi, hanno avviato un processo di riqualificazione sia per gli abitanti delle baraccopoli sia per gli affittuari, nonostante gli sforzi la situazione è ancora di estremo degrado, con un alto livello di povertà, presenza di malattie, mancanza di servizi, ma gli interventi hanno migliorato la prospettiva di vita delle persone e la fiducia nella possibilità di un futuro migliore.

1.3.1 Approccio ecotecnologico in Marocco-Solar Decathlon Africa

Nella competizione Solar Decathlon si può identificare l'approccio tecnologico-innovativo, che sofferma l'attenzione sulla dimensione architettonica del singolo edificio, evidenziando l'interazione tra i sistemi meccanici, le strategie passive e l'ambiente, spesso con scarsa attenzione alla specificità culturale e ambientale del luogo. Le case solari n-ZEB proposte dal Solar Decathlon Africa si inseriscono in un progetto di più ampio respiro la Ville Verte Mohamed VI,[19] Ben Guerir, Marocco. La nuova città per 120 000 abitanti, rientra nella "logica" della ecotecnologia, ricca di aree verdi ed edifici prestanti, attenta all'efficienza energetica e alla produzione di energia da fonte solare e che segue i criteri della certificazione LEED al fine di minimizzare gli impatti sull'ambiente. L'area della competizione adiacente al *Mohammed VI Polytechnic University*, Ben Guerir e all'centro di ricerca *Green Energy Park* di IRESEN, fa parte della piattaforma di Ricerca e Sviluppo, Green and Smart Energy Park dedicato all'utilizzo di energie rinnovabili negli edifici e nelle smart grid (reti di distribuzione e gestione intelligenti dell'energia elettrica) delle abitazioni situate nella Ville Verte Mohammed VI. Questa piattaforma[20] è un progetto pilota che funge da esempio per i futuri villaggi smart, nelle regioni e nelle città di tutto il Marocco, indirizzati alle fasce emergenti[21] della popolazione marocchina, interessata ad un nuovo stile di vita più attento alle questioni ambientali. La funzione della competizione è di fornire prototipi residenziali sostenibili che interpretino la cultura e la tradizione marocchina in chiave postmoderna, prestando particolare attenzione all'aspetto energetico. Infatti questo approccio monodimensionale e interdisciplinare è evidenziato già negli obbiettivi descritti nel Rules SDA 2019. Il Solar Decathlon Africa sottolinea e promuove (come le altre edizioni organizzate sugli altri continenti) la sostenibilità, l'innovazione e la ricerca nel settore dell'edilizia residenziale. I team partecipanti collaborano non solo per sviluppare e costruire le loro case, ma anche per migliorare l'integrazione

16 Africa delle città, Urban Africa, a cura di Alessandro Guzman e Cecilia Pennacini, Accademia University Press, Torino, 2017; Alessandro Guzman e Cecilia Pennacini, Introduzione. Fonte: https://en.calameo.com/read/001200131ec90c74055de

17 Africa delle città, Urban Africa, a cura di Alessandro Guzman e Cecilia Pennacini, Accademia University Press, Torino, 2017; articolo Dream cities. I progetti di sviluppo immobiliare in Africa Occidentale: investimenti, pianificazione e immaginari urbani, autori Valerio Bini, Cristina d'Alessandro, p.115-166. Fonte: https://en.calameo.com/read/001200131ec90c74055de

18 Africa delle città, Urban Africa, a cura di Alessandro Guzman e Cecilia Pennacini, Accademia University Press, Torino, 2017; articolo La transizione di una baraccopoli. Korogocho 1996-2015, autore Fabrizio Floris, p. 262-300. Fonte: https://en.calameo.com/read/001200131ec90c74055de

19 La Ville Verte Mohammed VI (con un'area di quasi 1000 ettari) è progettato per soddisfare i requisiti di una certificazione internazionale per oggettivare la misurazione dell'impatto ambientale della città. Questa certificazione: LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), sviluppata dall'USGBC (US Green Building Council), si applica nella versione LEED ND allo sviluppo urbano e nella versione LEED NC alle nuove costruzioni. Ville Verte Mohammed VI ha le potenzialità di diventare la prima città certificata LEED in Africa. Fonte: https://sadbenkirane.com/projet/ville-verte-mohamed-vi-benguerir/

20 Ministry of Foreign Affairs, Business Opportunities Report for Morocco's Renewable Energy Sector, Commissioned by the Netherlands Enterprise Agency RVO, 2018, p.40. Fonte: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/06/Business-opportunities-report-for-moroccos-renewable-energy-sector.pdf

21 Nel riquadro Focus sulla domanda nazionale di alloggi in Marocco, è evidenziato il problema della scarsità degli alloggi nelle aree urbane del Marocco per le diverse fasce della popolazione e le politiche applicate dal paese per rispondere alla crescente richiesta.

delle energie rinnovabili, la gestione intelligente dell'energia e la diffusione di conoscenze sull'edilizia sostenibile. Gli studenti delle università partecipanti progettano case ad alta efficienza energetica, alimentate interamente da energia solare, a prezzi accessibili, adattate al clima e alla posizione geografica dell'Africa. L'obiettivo del concorso è di contribuire alla conoscenza e alla diffusione dell'energia solare e dell'edilizia sostenibile. Inoltre attraverso la competizione si cerca di sensibilizzare gli studenti partecipanti sui benefici e le opportunità delle energie rinnovabili e dell'edilizia sostenibile e sfidarli a pensare in modo creativo per sviluppare soluzioni innovative che contribuiscano al risparmio energetico; educare il grande pubblico all'uso responsabile dell'energia, alle energie rinnovabili, all'efficienza energetica e alle tecnologie disponibili per contribuire a ridurre il consumo energetico; promuovere l'uso delle tecnologie solari, compresa l'integrazione del sistema solare architettonicamente attraente, e migliorare l'uso delle tecnologie solari per sostituire i materiali da costruzione convenzionali nell'involucro dell'edificio, come il tetto, i lucernari o le facciate; dimostrare che le case solari ad alte prestazioni possono essere confortevoli, esteticamente appetibili e accessibili economicamente.(*Rules SDA,* 2019)[22]

L'approccio ecotecnologico che si rivolge solo alle fasce economicamente più stabili è riflesso dai progetti partecipanti, presentati al secondo workshop di Benguerir-Hands on Solar Decathlon Africa. Essi si concentrano sull'aspetto tecnologico-prestazionale della casa, sulla promozione di materiali innovativi e prestano minore attenzione alla dimensione umana e alla complessità delle dinamiche (economiche e sociali) che caratterizzano il continente Africa. Tale osservazione è stata segnalata anche dal direttore del *Mohammed VI Polytechnic University* durante il discorso finale. Egli mette in evidenza come le squadre partecipanti hanno omesso che il concorso riguarda la costruzione di abitazioni per le persone; persone che hanno bisogno di essere educati ad un modo più sostenibile; persone che hanno bisogno di vivere in una casa che conservi la memoria del luogo, che promuove uno stile di vita comunitario nel rispetto dei valori della propria cultura. Gli esiti progettuali però dipendono da una serie di dinamiche, complesse e variabili, che accompagnano il percorso progettuale e costruttivo dalle prime fase di formazione del team partecipante fino alla rimozione dell'edificio dopo il periodo espositivo. La ricerca degli sponsor e dei finanziamenti, il problema del trasporto dal sito della costruzione al sito della competizione e ritorno, la prestazione degli impianti solari in contesti distinti, la collaborazione multidisciplinare e spesso anche multilingue all'interno dello stesso team e la costruzione del prototipo da parte della squadra di studenti in un tempo che può variare dai 10 ai 14 giorni, sono solo alcuni degli aspetti che bisogna affrontare nell'iter progettuale-costruttivo e che influenzano il risultato finale, il progetto.

Progetto Inter House Team-Solar Decathlon Africa 2019

Un esempio della dipendenza biunivoca tra le dinamiche organizzative, gestionali e finanziarie e i risultati finali, è il progetto Inter House. La mia partecipazione alle diverse fasi di sviluppo del prototipo, mi ha permesso di sperimentare una serie di situazioni dalle quali emergono alcuni fattori che comportano seri compromessi per quanto riguarda gli aspetti morfologico-compositivi e tecnologici del prototipo. Nell'arco dei novi mesi di collaborazione vi sono state sette proposte progettuali che si sono susseguite al fine di rispondere alle esigenze economiche, architettoniche, strutturali, culturale, impiantistiche, ambientali e termo fisiche. Ognuna di queste fasi è stata definita dal fattore più critico ovvero la ricerca si sponsor e finanziamenti per il trasporto del prototipo, per diversi acquisti necessari allo sviluppo del progetto (software, campioni di prova etc.), per i vari spostamenti dei componenti del team e più importante per la costruzione del prototipo, dalle fondazioni all'arredamento degli interni, dagli elementi bioclimatici passivi agli impianti solari attivi, ai panelli fotovoltaici. Successivamente viene fatta una breve descrizione del progetto *Inter House Team* partecipante alla competizione, per evidenziare il concept e strategie progettuali, architettoniche e ingegneristiche, applicate al prototipo per rispondere alle richieste del regolamento *Rules SDA 2019* e agli obiettivi della competizione e alle esigenze di una popolazione che sta sperimentando il processo di urbanizzazione in un contesto in cui il 95% della popolazione appartiene alla fascia di reddito medio, basso.

Introduzione

Inter House Team si impegna a progettare e costruire una casa sostenibile e a prezzi accessibili per la fascia della popolazione con un reddito medio e medio-alto, per sostenere il crescente interesse del Marocco per le energie rinnovabili. Il progetto mette in evidenza l'architettura interculturale, i sistemi interattivi di gestione dell'energia, le reti di controllo integrate e l'interdipendenza con l'ambiente. L'utilizzo di materiali locali, la gestione efficiente dell'acqua e dell'energetica, rendono Inter House appetibile ai residenti e agli imprenditori edili del Marocco, nel contesto suburbano, che sono interessati ad integrare le energie rinnovabili nelle loro comunità. L'Inter House è un intreccio di architettura tradizionale marocchina e di tecnologie intelligenti, orientato verso le comunità suburbane. Il team multidisciplinare

22 Rules Solar Decathlon Africa, The international collegiate competition for green buildings, last update 19//09/2018, First edition September 2019, Green City Mohammed VI, Ben Guerir Marocco. Fonte: http://solardecathlonafrica.com/

di architetti, ingegneri e designer si sta ispirando all'innovazione creando una casa che è confortevole e accessibile per una giovane coppia marocchina o multietnica. Le principali fasi di sviluppo del progetto Inter House si possono descrivere attraverso tre fasi:

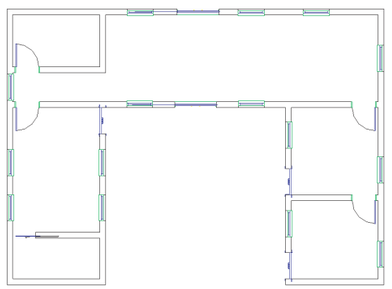
Fase I – proposta americano-marocchina
La collaborazione tra il team americano-marocchino e il team rappresentante il Politecnico di Torino inizia nel mese di maggio 2018. Prima ancora dell'inizio della collaborazione il team americano-marocchino, composto da studenti ricoprenti diversi ambiti ingegneristici del Colorado School of Mines e della Cady Ayyad University, elabora una versione progettuale di casa unifamiliare basato sull'approccio mono scala e mono disciplinare, dove l'aspetto energetico è il tema centrale intorno a cui ruota la progettazione. In questa fase gli studenti non effettuano approfondimenti riguardo la dimensione sociale, culturale, economica o territoriale del contesto in cui viene collocato il prototipo, in quanto il loro intento era di renderlo applicabile universalmente.

Fase II – proposte in collaborazione con il team italiano
Nel periodo successivo all'inizio della collaborazione si è cercato di applicare un approccio progettuale più completo, nonostante i vincoli e le richieste iniziali, che includa oltre alla dimensione tecnologica prestazionale anche la dimensione sociale, culturale ed economica. Come primo procedimento è stato individuato un target specifico, la fascia della popolazione marocchina dal reddito medio alto, alto, al quale indirizzare il prototipo edilizio. Una volta individuato sono stati effettuati approfondimenti su alcuni aspetti chiave legati alla cultura islamica (come la privacy), che si rispecchia nel modo di progettare e di distribuzione degli ambienti interni al fine di garantire maggiore attenzione alla sfera privata; sono stati individuati elementi architettonici e decorativi tipici della cultura islamica e marocchina da potere integrare nei vari componenti del prototipo; in ultima analisi sono stati effettuate ricerche sugli aspetti climatici e ambientali al fine di elaborare strategie passive per il raffrescamento ed il riscaldamento degli ambienti (anche se questi ultimi, sulla richiesta dei colleghi del team sono stati rimossi e sostituiti interamente da sistemi meccanici attivi). L'analisi sulla disponibilità di materiali costruttivi e degli sponsor locali, la differenza tra approcci progettuali e conoscenze dei processi costruttivi, hanno evidenziato una serie di problematiche molto critiche che hanno portato a svariati proposte progettuali, susseguitesi nei mesi di collaborazione, e scelte tecnologiche di compromesso. La collaborazione con la squadra italiana ha contribuito a contribuito alla selezione del prototipo come secondo nella classifica ufficiale, Solar Decathlon Africa 2019, classifica composta da 20 squadre, e a beneficiare dei 50 000 $ sponsorizzati dagli istitutori della competizione ai classificati.

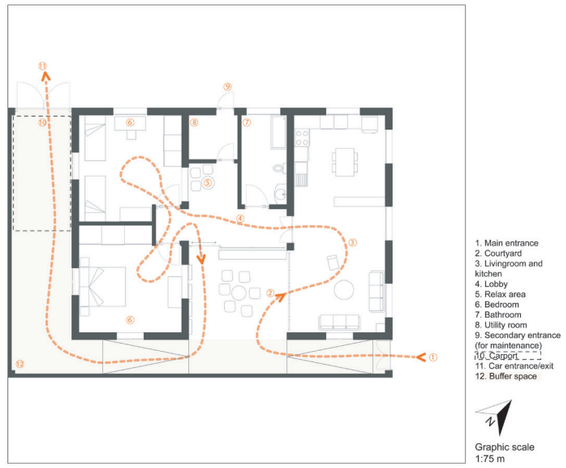
Fase III
L'ultima proposta progettuale è stata presentata come prototipo partecipante alla competizione durante il secondo workshop Hands on Solar Decathlon Africa -The commitment to green technologies, innovation and the educational transformation of Africa, nella città di Ben Guerir in Marocco. La criticità maggiore che ne emerge da quest'ultima proposta consiste nella varietà delle tecnologie costruttive e dei materiali utilizzati. La rivisitazione e la reinterpretazione della tecnologia in muratura portante in mattoni di terra cruda compressa stabilizzata, rinforzata con tondini di ferro rivestiti in collate di cemento a formare dei sottili mini pilastri puntuali, ha determinato la diminuzione della capacità termo fisica del materiale naturale e alla necessità di utilizzare l'isolante sintetico nell'intercapedine, per garantire la prestazione termica dell'involucro. Inoltre per facilitare e velocizzare la posa in opera del tetto, al fine di rispettare i tempi di costruzione durante il cantiere, è stato ipotizzato un sistema a secco, in travi in acciaio e lamiera grecata coibentata alla quale si collegano direttamente i 13 pannelli fotovoltaici, attraverso un sistema meccanico a zip. Il sistema tetto sarebbe stato fornito da uno degli sponsor della competizione Solar Decathlon Africa.

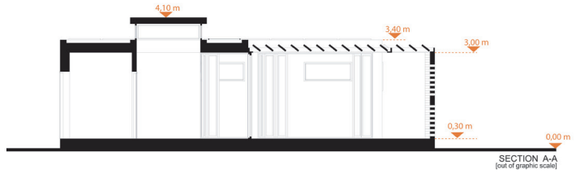
Architettura
La strategia progettuale si basa sulla combinazione del riad marocchino e del concetto di architettura solare, un mix di tradizione e innovazione che limita l'impatto ambientale e aumenta il comfort all'interno della casa. L'impianto planimetrico è strutturato intorno a un cortile centrale, cuore della casa araba e spazio di accoglienza e socializzazione. Il cortile divide la casa in due aree principali: una zona più intima e privata orientata ad ovest ospitante le stanze da letto e una zona giorno a est dove sono distribuite la cucina e il soggiorno. La zona giorno è un grande spazio aperto che diventa un tutt'uno con il cortile grazie ad un'apertura totale delle porte vetrate a libro su due lati confinanti. L'interazione tra questi spazi non solo aumenta la superficie disponibile, ma collega gli abitanti con l'esterno in un ambiente ombreggiato e fresco grazie ad un sistema di frangisole orientabile e ai vaporizzatori che assicurano una temperatura gradevole anche durante le giornate più soleggiate. Per garantire la privacy richiesta nella cultura araba, limitare l'irraggiamento diretto sulle pareti

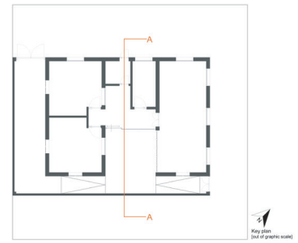
Fase I- Proposta progettuale: Pianta e Render



Fase II- Proposte progettuali: Pianta e Render







23 La mashrabiyya è un elemento architettonico con funzione di protezione visiva e raffrescamento passivo, utilizzato nelle case tradizionali islamiche. In origine questo elemento racchiudeva gli spazi aggettanti delle abitazioni per creare delle logge chiuse al fine di garantire una di transizione climatica tra interno ed esterno.

24 Centre for Affordable Housing Finance in Africa, 2018 Housing Finance Yearbook: Morocco Country Profile. Fonte: http://housingfinanceafrica.org/documents/2018-housing-finance-yearbook-morocco-country-profile/

e favorire la ventilazione naturale, la casa è avvolta da una seconda facciata, composta da elementi verticali puntuali di mattoni in terra compressa stabilizzata che fungono da cornice per i pannelli in metallo traforato, i quali evocano le forme geometriche dei pattern islamici componenti la *mashrabiyya*.[23] La seconda facciata è frutto della fusione tra la cultura araba e il Rinascimento, il periodo della riscoperta artistica e culturale in Europa. Il punto di incontro tra entrambe è lo studio geometrico applicato all'apparato decorativo e compositivo per la distribuzione verticale e orizzontale degli elementi, sulle pareti perimetrali dell'edificio. In riferimento allo studio di facciate di alcuni edifici di stampo islamico e rinascimentale, sono stati individuati tre elementi che si ripropongono: la tripartizione della facciata principale, la fascia orizzontale che corre ininterrotta lungo l'edificio e suddivide le altezze e la sporgenza del tetto. Questi ultimi sono riproposti attraverso uno studio geometrico, in riferimento alla sezione aurea, su ogni lato dell'abitazione al fine di reinterpretare in chiave contemporanea culture e tradizioni diverse, utilizzando materiali e manodopera locale, al fine di intrecciare la conservazione della memoria e l'identificazione locale con l'efficacia prestazionale.

Struttura

La tecnologia costruttiva utilizzata per questo progetto si basa su una struttura composta di mattoni di terra compressa e stabilizzata ad incastro, interlocking CEB. Questo approccio limita gli impatti ambientali e le emissioni di CO2, grazie alla riduzione dell'energia necessaria per la produzione di mattoni, infatti i mattoni non sono cotti, ma subiscono un processo di stagionatura di trenta giorni. L'utilizzo di mattoni interlocking CEB consente inoltre l'inserimento di armature in acciaio e cemento armato orizzontale, aumentando così la stabilità sismica della casa. Facendo uso di mattoni compressi in terra stabilizzata, la costruzione di una casa può diventare un processo semplificato e intuitivo che aumenta la facilità di posa in opera. Il muro perimetrale dell'abitazione è composto da due corsi di mattoni separati da 7,5 centimetri di materiale isolante in poliisocianurato e una barriera al vapore. La massa termica dei muri in in terra compressa (circa 30 cm) garantirà che l'Inter House soddisfi i requisiti della concorrenza in termini di temperatura e umidità, e il suo basso consumo energetico. Inoltre, la bassa l'energia incorporata fornisce un esempio per il futuro di pratiche edilizie rispettose dell'ambiente. Per proteggere i mattoni esterni dalle intemperie, dall'esposizione solare e dai danni fisici, le facciate sono intonacate con un intonaco naturale in terra cruda e calce.

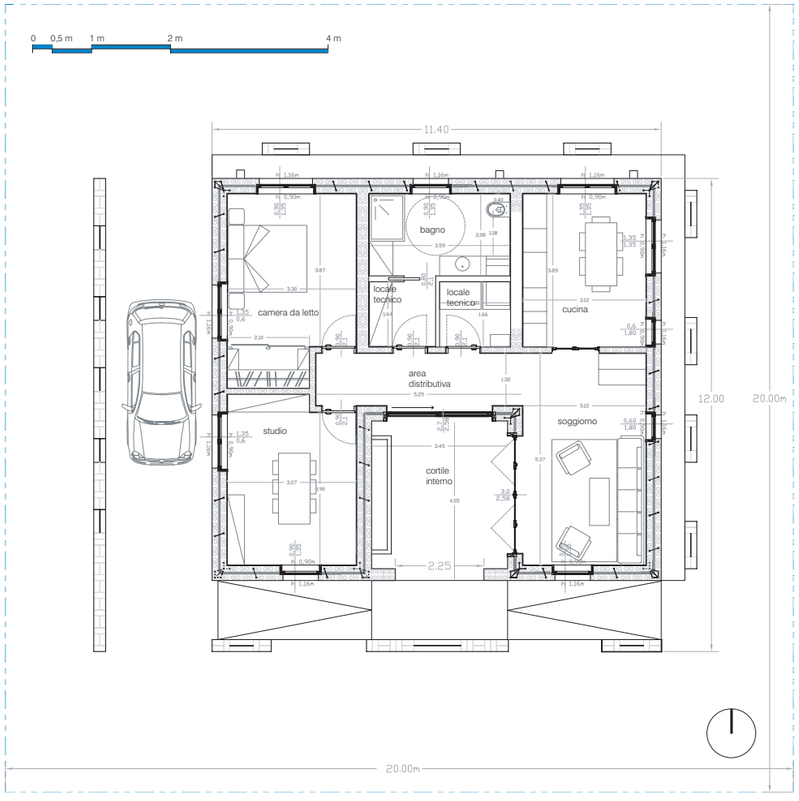
Sistema di controllo ambientale

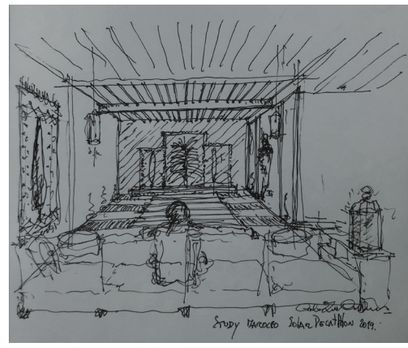
L'approccio al controllo ambientale nell'Inter House considera il riscaldamento, la ventilazione e il raffreddamento e il comfot interno è garantito da un sistema meccanico HVAC in combinazione a sistemi di monitoraggio telematico. Le simulazioni con BEopt, Design Builder e TRNSYS hanno contribuito a determinare le esigenze di riscaldamento e raffreddamento, le dimensioni degli impianti fotovoltaici e solari termici, la direzione del flusso d'aria attraverso le stanze, i carichi interni dei componenti elettrici e il guadagno solare, e questi risultati hanno aiutato a selezionare i sistemi necessari per mantenere i livelli di comfort nella casa. Inoltre, studi pubblicati su case reali a Marrakech e Benguerir indicano che la massa termica riduce le fluttuazioni giornaliere sia di temperatura che di umidità, contribuendo alla decisione di costruire muri in mattoni compressi in terra stabilizzata a doppio strato, con l'aggiunta di isolamento e pavimentazione in calcestruzzo a nucleo cavo. Il volume di aria condizionata (circa 250 m^3) pulita e filtrata è fornito attraverso un unico ventilatore di recupero energetico di condizionamento ERV che risiederà nel ripostiglio adiacente alla zona servizi. Questo sistema gestirà principalmente la ventilazione e la circolazione dell'aria fresca della casa per controllare il livello di umidità e la qualità dell'aria interna. Inoltre è provvisto di una pompa di calore per fornire riscaldamento e raffrescamento. L'impianto ERV fornirà aria fresca ai principali ambienti abitativi e alle camere da letto. Una pompa di calore mini-split canalizzata da 7 kBTU/h a 12 kBTU/h con due registri a parete (uno nella zona giorno principale e uno nella camera da letto principale) è connessa con l'impianto ERV per fornire riscaldamento e raffreddamento supplementari. Ogni elemento del sistema HVAC è controllato, monitorato e gestito da un sistema di controllo centrale della Smart House e da una rete di sensori. Il progetto è incentrato sul controllo e monitoraggio Wi-Fi interno dell'ERV che gestisce il riscaldamento, il raffreddamento e la ventilazione sulla base di set point programmati dal proprietario dell'abitazione. Sensori supplementari saranno collocati in tutta l'Inter House per fornire al sistema maggiori informazioni ambientali e soddisfare i requisiti di temperatura e umidità. Mentre l'ERV ha sensori di qualità dell'aria interna ed esterna per gestire i livelli di CO2 e VOC all'interno della casa, il sistema di controllo automatizzato dell'apertura e la chiusura delle finestre e delle tende fornisce luce naturale e aria dall'ambiente esterno (senza sacrificare la qualità dell'aria interna) e ottimizzare il guadagno solare e il riscaldamento passivo. L' obiettivo è di progettare un algoritmo di previsione basato su dati climatici marocchini che fornisca punti di controllo per ottimizzare la funzionalità della casa e garantire condizioni di benessere agli utenti.

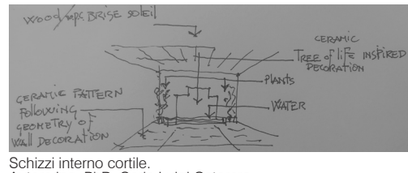
Efficienza energetica e idrica

A causa del clima caldo semi-arido del Marocco, l'acqua è un punto focale importante nella strategia progettuale. Il piano idraulico è stato progettato per ridurre al minimo l'uso dell'acqua e gli sprechi. I rubinetti touch a basso flusso e gli elettrodomestici della cucina e i sanitari del bagno ad alta efficienza energetica sono scelti per conservare l'acqua. Un sistema di raccolta dell'acqua piovana immagazzina l'acqua in contenitori, che hanno anche la funzione di panchine, sono posizionati all'esterno della casa. L'acqua grigia è trattata attraverso un impianto a raggi UV, l'acqua scorre sotto i raggi UV per distruggere i microorganismi e successivamente filtrata e ossigenata. Il sistema di fitodepurazione, invece è utilizzato per l'acqua piovana ed è una metodologia a basso costo e naturale per trattare le acque destinate all'irrigazione e ai vaporizzatori. I servizi igienico-sanitari sono provvisti di un sistema settico che consiste in un lungo bacino poco profondo riempito di rocce, ghiaia, sabbia, con ingresso e uscita dell'acqua alle estremità opposte. Le pareti del bacino sono in argilla, oppure rivestite con un materiale impermeabile all'acqua per evitare che l'acqua nera non trattata e parzialmente trattata penetri nell'area circostante. L'ingresso della zona umida è costituito da un tubo perforato o da uno spruzzatore che spruzza acqua nera nella zona umida. Questo permette all'acqua nera di percolare attraverso la pendenza di sabbia, ghiaia e roccia, aumentando la quantità di ossigeno disciolto disponibile per i batteri aerobici da utilizzare per la decomposizione delle tossine e del materiale organico. I sottoprodotti di questa decomposizione sono poi assorbiti attraverso le radici delle piante posizionate in contenitori superficiali a contatto con l'esterno, che aiutano la loro crescita. Dopo 2-3 giorni, la maggior parte delle tossine e del materiale organico dell'acqua nera è stata rimossa e l'acqua ora purificata può essere utilizzare per l'irrigazione o sottoposta a ulteriore trattamento (di sterilizzazione con l'impianto a raggi UV) per migliorarne ulteriormente la qualità. Questi sistemi di depurazione non introducono sostanze chimiche dannose per il sistema idrico e dimostrano metodi responsabili per l'ambiente e processi naturali di depurazione dell'acqua. A causa delle regole di concorrenza che limitano la fattibilità di un sistema settico, la zona umida non sarà pienamente funzionale, anche se correttamente dimensionata. La maggior parte degli impianti idrici sarà contenuta nel ripostiglio centrale e gli elettrodomestici da bagno e cucina condivideranno una parete per un efficiente impianto idraulico.

Fase III- Proposta progettuale: Pianta, Studi geometrici, Schizzi, Render







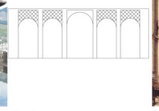
Schizzi interno cortile.
Autore ing. PhD. Carlo Luigi Ostorero.

slamic architecture
Facade composition-Simple volumes, Surface with clear geometry, -Facade tripartition, Horizontal stringcourse

Facade-Selman Marrakech.
Source image: B. Stoeltie, R. Stoeltie, Living Morocco, Taschen, 2016.

Granada. Alhambra. Ambasadorial Salon. Window.
Source image: Catalogo Exposicion Ricardo Velazquez Bosco, diciembre 1990-febbraio 1991.

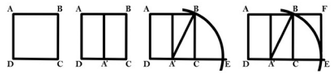
Alhambra, fortified citadel of the Alhambra. Southern wall of the courtyard.
Source image: B. Hintzen-Bohlen, Andalusia Arte e architettura, Konemann, Milano, 2000, p. 289.



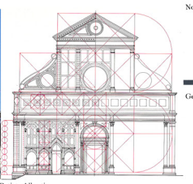
Tartal Torre de las Damas. Portico with five arches in Arabic style.
Source image: B. Hintzen-Bohlen, Andalusia Arte e architettura, Konemann, Milano, 2000, p.289.

Classical architecture
Geometric studies for facade, example from Renaissance
Harmonious proportion, Golden section, Symmetry, Euritmy

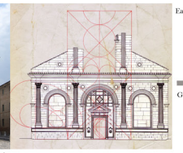
Geometric proportion: the major part is to the minor part as the whole is to the major



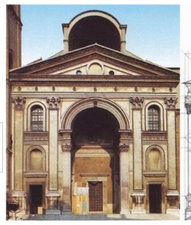
Description of the fases to shape a golden rectangle



Basilica Santa Maria Novella, Florence, architect Leon Batista Alberti.
Geometrical study for the facade.



Temple Malatestiano,Rimini, architect Leon Batista Alberti.
Geometrical study for the facade.

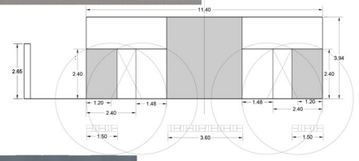


Basilica Sant'Andrea, Mantua, architect Leon Batista Alberti.
Geometrical study for the facade.

Project
Geometric construction of the facades

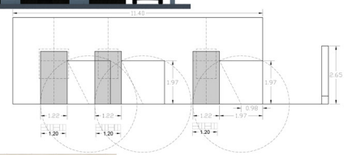
South facade

Geometrical construction



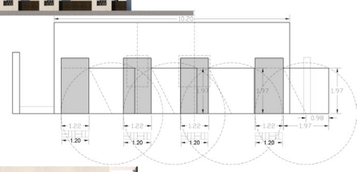
North facade

Geometrical construction



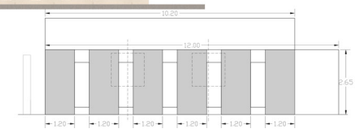
East facade

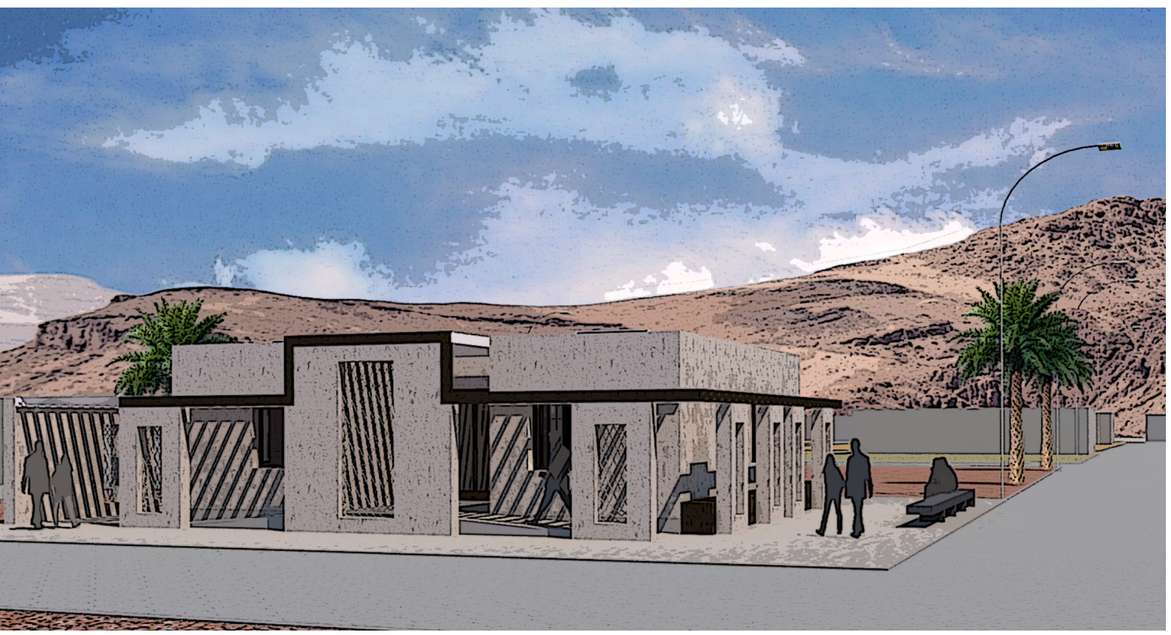
Geometrical construction



West facade

Geometrical construction





Focus sulla domanda nazionale di alloggi in Marocco

Secondo l'*Africa Housing Finance Yearbook 2018* , il Marocco è un paese del Nord Africa a reddito medio-basso, con una delle economie più diversificate e sviluppate del continente con un tasso di crescita demografica del 1,06% e un livello di urbanizzazione del 2,10%. Le condizioni di vita delle comunità urbane e rurali differiscono in modo significativo. Il tasso di povertà è più elevato nelle zone rurali (nel 2014 ha raggiunto il 4,8% a livello nazionale, 9,5% nelle zone rurali e 1,6% nelle aree urbane) e determina lo spostamento di un'elevata percentuale delle persone dalla campagna nelle città in cerca di condizioni migliori e maggiori opportunità. La domanda di abitazioni dal 2002 è aumentata di 150 000 unità all'anno, mentre la costruzione annua è di circa 100 000 unità. La carenza di alloggi nel 2002 è stata stimata a 1,2 milioni di unità ed è stata ridotta a 400 000 unità nel 2017 grazie all'attuazione dei diversi programmi di social housing. Inoltre per mezzo del programma *Villes sans Bidonvilles* (VSB o "Città senza baraccopoli") iniziato nel 2004 per eliminare le baraccopoli in tutto il Marocco, le condizioni di vita di più di 277 583 famiglie (1,4 milioni di persone) sono migliorate considerevolmente. Nel 2014, la quota delle famiglie marocchine con accesso all'elettricità e all'acqua corrente ha raggiunto rispettivamente il 91,6% e il 73%. Nonostante questi progressi positivi, l'accessibilità economica per l'edilizia abitativa rimane una condizione importante per gli abitanti del Marocco. Il salario minimo del Marocco è di 3 000 MAD [25](319 $) al mese nel settore pubblico, di 2 570 MAD (273 $) al mese nel settore privato e di 69 MAD (7 $) al giorno per i lavoratori agricoli. Il governo marocchino definisce due tipologie di programmi per le unità abitative a prezzi accessibili, entrambe comunemente chiamate social housing e differenziate dal prezzo massimo di acquisto. Il primo programma *Low Real Estate Value - Faible Valeur Immobilière Totale* (FVIT), è stato creato dalla legge finanziaria 2008 dove il prezzo massimo di acquisto è di 140 000 MAD (circa 14 893 $) per abitazioni che coprono una superficie compresa tra 50 m^2 e 60m^2. Il programma si rivolge a persone che guadagnano meno del doppio del salario minimo. Il secondo tipo di edilizia popolare è stato avviato ai sensi della legge finanziaria 2010 con un prezzo massimo di 250 000 MAD, IVA esclusa (circa 26 595 $). La superficie coperta è compresa tra i 50 m^2 e gli 80 m^2 e non è richiesto alcun reddito massimo per l'acquisto di queste unità abitative. Il *Finance Act 2013* ha introdotto il *Middle income housing Programme*, con unità abitative che vanno dagli 80 m^2 ai 150 m^2 e un massimo prezzo di acquisto di 6000 MAD (638 $) per metro quadrato al netto delle tasse. Questo tipo di alloggio è destinato a persone che guadagnano fino a 2 068 dollari al mese. Inoltre, la *International Finance Corporation* ha investito più di 207 milioni di MAD (circa 22,03 milioni di dollari) nella società di sviluppo *Alliances Group* per promuovere la costruzione di abitazioni a prezzi accessibili. La nuova offerta di alloggi a prezzi accessibili tende ad essere costituita da edifici residenziali di solito su quattro livelli, in progetti su larga scala situati su terreni forniti dal governo in località periferiche. Oltre al costo del terreno, il costo delle abitazioni per la fascia middle income è così suddiviso:
2 800-3 000 MAD/m2 (298 - 319 $) per una villa, e 2 000-2 500 MAD/m2 (213 - 266 $) per una casa tradizionale marocchina. Attualmente 2015, la domanda nazionale di alloggi in Marocco, è stimata intorno a 1 572 893 unità abitative, l'87% delle quali si trova nell'area urbana (1 359 788 unità abitative).

25 MAD è l'acronimo del Dirham Marocchino, moneta nazionale del Marocco. Il tasso di cambio del 2018 era equivalente a: 1 MAD=0,090 euro; 1MAD=0,1 $.
Fonte: https://fxtop.com/

Tipologie di beni immobiliari
(a nivello nazionale)

1. Tanger-Tétouan- Al Hoceima
2. Oriental
3. Fès - Meknès
4. Rabat - Salé - Kénitra
5. Béni Mellal - Khenifra
6.Grand Casablanca - Settat
7. Marrakech - Safi
8. Draa - Tafilalet
9. Souss - Massa
10. Guelmim -Oued Noun
11. Laayoune - Saguia Al Hamra
12. Ed Dakhla - Oued Ed Dahab

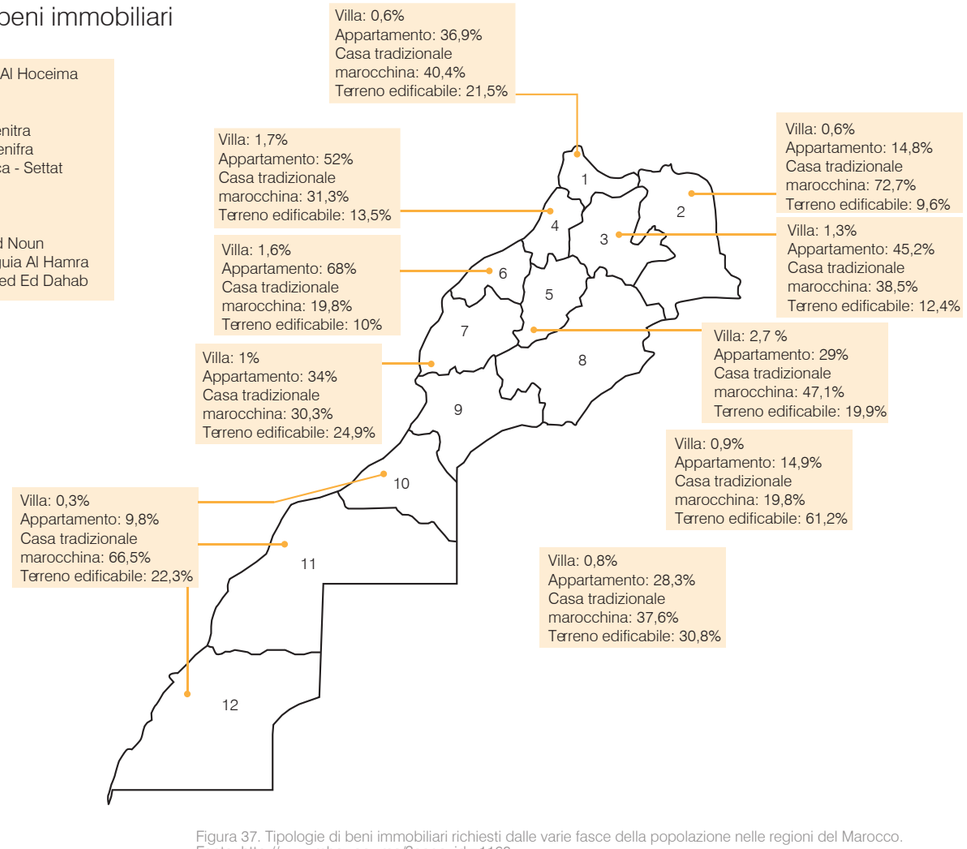


Figura 37. Tipologie di beni immobiliari richiesti dalle varie fasce della popolazione nelle regioni del Marocco.
Fonte: http://www.mhpv.gov.ma/?page_id=1168

Marocco
Profilo del reddito annuo per le famiglie rurali e urbane basato sul consumo (PPP $, Parità di potere d'acquisto $)

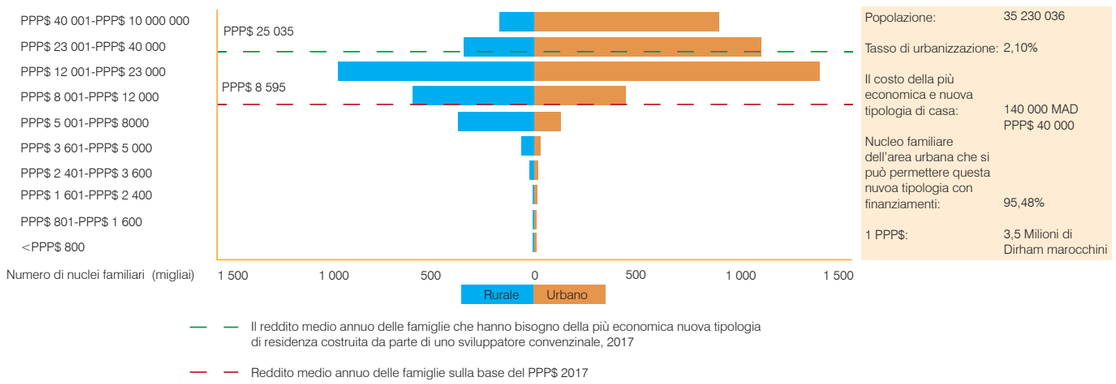


Figura 38. Marocco, profilo annuale del reddito per le famiglie rurali e urbane basato sui consumi PPP in $ (Parità di Potere d'Acquisto in dollari americani).
Fonte: http://housingfinanceafrica.org/documents/2018-housing-finance-yearbook-morocco-country-profile/

2. Habitat formale e informale-slum

"Le città sono artefatti umani, sviluppati e modificati nel tempo secondo i bisogni e i valori percepiti. Sebbene le città ospitano popolazioni diverse, i gruppi di popolazione dominanti sono generalmente quelli i cui valori, interessi e bisogni si riflettono nell'ambiente edificato, nelle istituzioni formali e nei regimi normativi. Nel corso del tempo, questa predominanza ha di fatto emarginato o escluso grandi gruppi all'interno delle città, come i residenti poveri e i nuovi migranti, che devono affrontare diversi gradi di deprivazione perché non possono permettersi di conformarsi con regole sistemiche che sono al di fuori della loro portata in ogni modo possibile. Di conseguenza, non hanno altra scelta se non quella di operare nei margini amministrativi o illegali. Questi gruppi esclusi possono solo costruire rifugi informali, spesso in zone a rischio evitate dai più ricchi, mentre si ritagliano i mezzi di sussistenza in modi che sono spesso descritti come al di sotto degli standard, illegittimi o illegali. Poiché questi gruppi si trovano costantemente ad affrontare il rischio di sfratto o procedimento giudiziario, le città sperimentano una maggiore polarizzazione, sospetto e scontri aperti."[26] La stragrande maggioranza degli cittadini poveri delle città africane non ha accesso ad alcuna tipologia di prestito bancario e non ha altra alternativa se non quella di finanziare le proprie case attraverso meccanismi informali. Questi metodi includono principalmente risparmi personali, piccoli prestiti da parenti, amici o istituzioni di micro-credito. Un'altra alternativa è l'affitto, spesso a prezzi altamente elevati per alloggi di scarsa qualità, il che alimenta la condizione insalubre in cui vivono, di povertà, e della mancanza di opportunità di migliorare la propria condizione sociale. Gli abitanti delle aree informali non possono accedere al mutuo bancario a causa della mancanza di garanzie dell'immobile collegate alla scarsa qualità dell'alloggio e allo stato abusivo, ai redditi limitati o all'incertezza occupazionale.

Gli insediamenti informali sono definiti dall'UN-Habitat come insediamenti che operano al di fuori dei sistemi giuridici e normativi, compresi quelli che registrano la proprietà fondiaria e la proprietà immobiliare, i regolamenti relativi alla pianificazione, all'uso del suolo, agli standard edilizi, alla salute e alla sicurezza. Informali possono essere considerate le unità abitative formali che sono state suddivise illegalmente, o case costruite senza le necessarie autorizzazioni. Non tutti gli insediamenti informali sono baraccopoli, in quanto possono ancora avere abitazioni e servizi attrezzati senza essere legalmente riconosciuti. Non tutte le baraccopoli sono insediamenti informali, in quanto possono essere alloggi legali che sono caduti in rovina a causa della scarsa fornitura di servizi. Quindi gli insediamenti informali sono contraddistinti da almeno alcune delle seguenti caratteristiche: mancanza di un riconoscimento formale da parte del governo locale dell'insediamento e dei suoi residenti; assenza di proprietà sicura per i residenti; inadeguatezze o mancanza nella fornitura di infrastrutture e servizi; abitazioni sovraffollate che non rispettano gli standard; collocazione su terreni a rischio catastrofi naturali o di altra natura; privazione ed esclusione socio-spaziale a cui sono soggette le persone che vi risiedono, una condizione che influenza anche la prosperità complessiva delle città in cui vivono. Di conseguenza, un edificio formale rientra in un sistema giuridico e normativo, in un'area di pianificazione gestita e riconosciuta dall'amministrazione locale, regionale e nazionale e spesso è promossa attraverso gli interventi pianificati ed eseguiti da imprenditori immobiliari che devono rispettare gli standard urbanistici per potere iniziare e proseguire i lavori. Negli ambienti formali, gli alloggi sono accessibili economicamente solo alle fasce dal reddito medio o medio-alto e sono generalmente posizionate in aree strategiche e lontane dalle zone di rischio. Gli habitat formali sono forniti da reti di trasporto, da un'ampia reti di servizi e zone economicamente attive che forniscono opportunità e offerte di lavoro agli abitanti.

Circa un miliardo di persone continua a vivere oggi in insediamenti informali, considerati la manifestazione fisica della povertà e delle disuguaglianze sociali, ma soprattutto sono i luoghi più esposti e vulnerabili all'intensificarsi dei fenomeni meteorologici causati dal cambiamento climatico. Nonostante i grandi progressi nel migliorare la condizione di queste persone, da parte di agenzie intergovernative e delle Nazioni Unite attraverso il programma dell'UN-Habitat, *United Nations Human Settlements Programme*, solo il 9%[27] di questa parte della popolazione urbana ha raggiunto condizioni di vita più adeguate, avendo accesso ad acqua potabile, servizi igienico-sanitari e fognari e accesso all'educazione, ma così come tutti gli abitanti della Terra, queste persone hanno tutto il diritto di vivere avendo accesso almeno ad una vita dignitosa, senza dover subire le ingiustizie derivanti da un sistema economico capitalista. *[…] Parte della sfida della sostenibilità nel nostro mondo ormai prevalentemente urbano è quella di concentrarsi maggiormente sulle città come addensati di opportunità incentrate sulle persone, non solo sui problemi. Dopo tutto, è nelle aree urbane del mondo che la ricchezza, la produzione non agricola, le infrastrutture e i servizi sociali di alto livello e l'innovazione sono sempre più concentrati. Il valore della produzione nelle città e nelle regioni urbane, per quanto contenuto, continua a superare di gran lunga quello delle*

26 United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), The State of African Cities 2010. Governance, Inequality and Urban Land Markets, p.18. Fonte: https://new.unhabitat.org/

27 United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), Slum Almanac 2015/2016. Tracking Improvement in the Lives of Slums Dwellers, p.3. Fonte: https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2016/02-old/Slum%20Almanac%202015-2016_EN.pdf

28 United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), The State of African Cities 2010. Governance, Inequality and Urban Land Markets, p.18. Fonte: https://new.unhabitat.org/

29 United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), The New Urban Agenda, 2016. Fonte: http://habitat3.org/the-new-urban-agenda/

30 Ibidem p.25.

regioni rurali."[28] Il divario tra ricchi e poveri nella maggior parte dei centri urbani dei paesi si è accentuato negli ultimi venti anni. Questo divario urbano discrimina ed esclude grandi gruppi della popolazione urbana da una vita socialmente ed economicamente produttiva. Una delle manifestazioni fisiche della crescente disuguaglianza nelle aree urbane è la proliferazione di comunità chiuse nei vari quartieri degli slum. In Africa, l'aumento della criminalità e delle disuguaglianze sociali sono i principali fattori alla base di questo fenomeno. Le comunità recintate spesso portano a un consumo sproporzionato e più intenso dello spazio pubblico, aumentando la polarizzazione, la privatizzazione dello spazio urbano e la segregazione gruppi sociali di diverso reddito.

La crescita economica e lo sviluppo sostenibile sono in stretto collegamento con la disponibilità di alloggi urbani "economici, adeguati e sicuri."[29] Per questo motivo la Nuova Agenda Urbana[30] pubblicata in seguito alla Habitat III-Conferenza sull'edilizia abitativa e lo sviluppo urbano sostenibile delle Nazioni Unite, sottolinea come l'edilizia residenziale deve essere al centro della pianificazione delle nuove città sostenibili, dove la pianificazione segue norme edilizie appropriate ai contesti specifici senza importare nozioni di estetica urbana o standard normativi irraggiungibili. La riqualificazione degli slum, in sito e in modo graduale, è inteso come uno strumento adeguato per fornire alloggi accessibili ai residenti urbani a basso reddito in aree, che spesso si trovano al centro delle città, impedendo il loro trasferimento a favore di interventi immobiliari per gli alloggi formali. Un simile approccio consente di affrontare le dinamiche sociali e spaziali fornendo nuovi spunti per il rinnovamento urbano e per lo sviluppo economico locale egalitario.

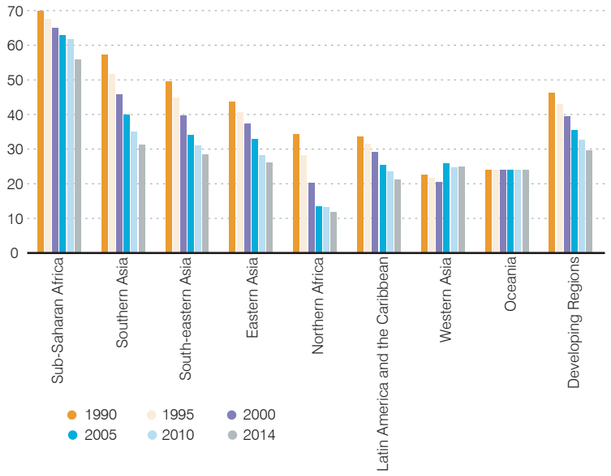


Figura 39. Percentuale della popolazione mondiale che vive negli slum, dal 1990 al 2014.
Fonte: UN Habitat, Urbanization and Development. Emergin Futures, 2016, p.13. Fonte: http://wcr.unhabitat.org/

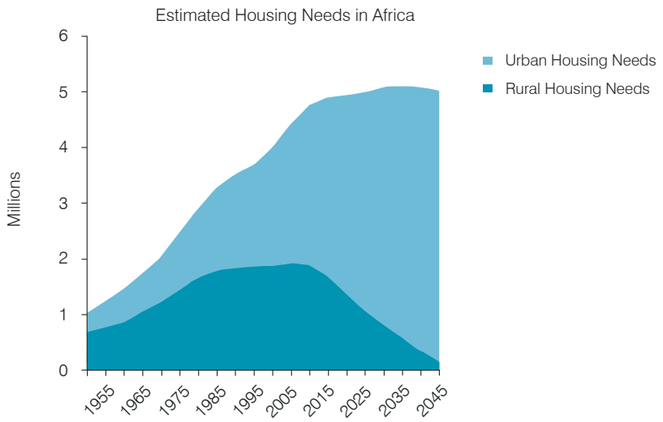


Figura 40. Stima della domanda di abitazioni in Africa. Fonte: United Nations UN Habitat, A practical guide for conducting: Housing Profiles.
Supporting evidence-based housing policy and reform, 2010. Fonte: https://new.unhabitat.org/

2.1 Segregazione o Comunità

Il fenomeno dell'urbanizzazione delle città africane è generalmente accompagnato dall'assenza di pianificazione urbana e della disponibilità di alloggi accessibili economicamente dalle fasce della popolazione a medio-basso e basso reddito. Di conseguenza quest'ultimi sono costretti a occupare abusivamente le aree intorno ai centri abitati dando luogo a un'espansione a macchia d'olio di abitazioni informali, costruite con materiali di scarto e senza disponibilità di servizi primari. Inoltre non hanno la possibilità di migliorare la loro condizione a causa della mancanza di possesso di proprietà accreditato dall'amministrazione locale. Queste situazioni sono spesso accompagnate da altri interventi regolati dalle amministrazioni pubbliche e riguardano i permessi di interventi urbani settoriali sulla base degli investimenti di imprenditori speculatori. Come indicato dall'*UN Habitat nella Habitat III Policy Paper,*[31] *"i risultati dannosi delle politiche settoriali non coordinate - nei trasporti, nelle infrastrutture e nell'uso del territorio - che non tengono conto degli alloggi nei loro progetti. Molte abitazioni ambiziose e multimiliardarie sono state costruite in aree periferiche senza accesso ai trasporti pubblici e la vicinanza ai mercati del lavoro. Progetti così mal progettati sono diventati «unità abitative libere prodotte industrialmente in periferia» piuttosto che soluzioni efficaci per affrontare le abitazioni a prezzi accessibili."* Queste pratiche alimentano i fenomeni della segregazione spaziale e della segregazione sociale. Un'esclusione ancora più marcata dalla vita urbana da parte dei ceti più vulnerabili. La disuguaglianza spaziale prodotta da politiche abitative non coordinate produce nuove meccanismi che alimentano povertà. Le baraccopoli sono fisicamente isolate e scollegate dal tessuto urbano principale, i residenti sono costretti a impiegare più tempo a raggiungere i posti di lavoro o i servizi dei centri formali e i costi del trasporto diventano più elevati. Un esempio di questa tipologia di intervento è rappresentato dalla città di Nouakchott, Mauritania. I piani urbanistici degli anni Cinquanta avevano previsto un piano urbano dove un esteso viale suddivideva la città in due macro quartieri, Nord caratterizzato da ricchezza e benessere, sede dell'élite e degli edifici rappresentativi e delle ville sontuose e quello Sud l'area del degrado, degli edifici informali e degli edifici popolari, dove viveva la maggior parte degli abitanti della città. Queste persone sono costrette a trasferirsi ogni giorno nella parte nord, percorrendo distanze estese su mezzi di trasporto inefficienti.[32]
Il senso di comunità e appartenenza è fondamentale nel raggiungere il benessere dei cittadini più vulnerabili, ma soprattutto un'eguaglianza sociale che vada oltre i confini fisici di una città male progettata. Promuovere una integrazione tra diverse tipologie abitative, accessibili a più fasce della popolazione includendo le meno abbienti, una diversificazione di servizi estesi in punti strategici della città, comporta alla riduzione delle differenze sociali perché promuove una più approfondita conoscenza tra i diversi abitanti, il che porta a ridurre l'esclusione sociale e quindi la segretazione.

31 UN Habitat, Habitat III Policy Paper. 10 – Housing Policies, 2016, p.8. Fonte: http://habitat3.org/wp-content/uploads/PU10-HABITAT-III-POLICY-PAPER.pdf

32 Africa delle città, Urban Africa, a cura di Alessandro Guzman e Cecilia Pennacini, Accademia University Press, Torino, 2017; articolo Nouakchott. Sviluppo urbano, politiche pubbliche e risposte cittadine, autori Francesca Nucci e Marta Alonso Cabré, p.116-123; p.117-119. Fonte: https://en.calameo.com/read/001200131ec90c74055de

3. Questioni energetiche

L'energia è il motore che sta alla base dello sviluppo in ogni paese. La popolazione mondiale, oggi, dipende dall'energia elettrica e combustibili liquidi per garantire la propria sussistenza in quanto ogni settore in cui si opera, esse sono le fonti che fanno funzionare le macchine per alimentare tutti i sistemi elettronici ed elettrici delle le industrie, delle aziende manifatturiere, di ogni ramo del settore terziario e secondario e del settore trasporto. L'energia è un fattore chiave per ridurre la povertà, per la rapida crescita delle economie emergenti e per la manutenzione di elevati tassi di consumo nei paesi sviluppati e soprattutto per promuovere lo sviluppo sostenibile. Nella Parte I della tesi è stato evidenziato che dopo la prima crisi energetica del 1973, si è verificato un netto cambiamento nell'approccio degli stati verso l'energia e le sue modalità di produzione. Vi sono state molte ricerche e sperimentazioni per quanto riguarda le fonti alternative da cui produrre energia nell'ottica di ridurre la dipendenza da risorse esauribili e monopolizzabili. Gli studi dimostrano che ad oggi è stato consumato il 40% del petrolio accessibile attraverso la tecnologia attuale e che nei prossimi 50 anni le risorse di petrolio si esauriranno, mentre quelle di carbone si esauriranno nei prossimi 100 anni. Promuovere sistemi che usano risorse rinnovabili, sole, vento, forza dell'acqua, il calore della terra e biomassa, consentirà alla specie umana di mantenere la sua sussistenza sulla Terra in condizioni di benessere e armonia con la natura. Nonostante questo, il passaggio da una dipendenza da fonti non rinnovabili a fonti rinnovabili di energia, con la tecnologia di oggi non è possibile a causa di fattore quali efficienza, disponibilità, trasporto dell'energia, politiche e investimenti. Per massimizzare l'efficienza della produzione e diminuire le perdite, gli impianti di produzione devono essere ubicati in prossimità delle città ad alta densità dove

33 Ted-Ed di F.Rosei, R.Rosei, Can 100% renewable energy power the world? Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=RnvCbquYelM

34 United Nations, World Urbanization Prospects. The 2014 Revision, 2015. Fonte: https://www.un.org/development/desa/publications/publication

35 International Energy Agency, Energy Access Outlook 2017. From Poverty to Prosperity, 2017, p.39. Fonte: https://www.iea.org/

36 Ibidem p.11.

37 In seguito all'approvazione della Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e della Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, il Governo Spagnolo decide di istituire per la prima volta il Solar Decathlon in Europa per veicolare a livello europeo la conoscenza delle case solari n-ZEB proposte dalla competizione.

38 https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_it

39 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32018L2002

40 https://www.focus.it/scienza/energia/accesa-in-marocco-la-centrale-solare-piu-grande-del-mondo

la richiesta di energia è molto alta. Ma questo non sempre è possibile per svariati fattori che dipendono da ogni tipologia di rinnovabile. A causa di questi motivi, oggi l'energia da fonte rinnovabili ricopre solo il 13% della richiesta a livello globale.[33]

3.1 Il ruolo dell'energia nello sviluppo-Rapporto città-energia

Le città hanno un ruolo chiave nella transizione dell'energia da fonti non rinnovabili a fonti rinnovabili. Le città sono responsabili del 65% della richiesta globale di energia e del 75% delle emissioni globali di gas serra. La sostenibilità ambientale è messa in discussione dai modelli di consumo che prevalgono negli ambienti urbani. In parte a causa dei loro redditi più elevati, gli abitanti delle città tendono a consumare di più per abitante pro capite rispetto agli abitanti delle zone rurali. Le aree urbane a bassa densità tendono a consumare più delle aree ad alta densità. Le stime indicano che il consumo energetico e le emissioni di gas serra sono due volte più elevati nello sviluppo suburbano a bassa densità rispetto allo sviluppo nel nucleo urbano ad alta densità Allo stesso tempo le città ospitano più della metà della popolazione attuale con una tendenza all'aumento del fenomeno dell'urbanizzazione che determina una sempre crescente richiesta di energia. (World Urbanization Prospects, 2014). Nonostante l'incremento del consumo e della richiesta di energia, 1,1 miliardo di persone nel 2016 non aveva elettricità. La maggior parte di coloro che non hanno avuto accesso all'elettricità si trovano nei paesi in via di sviluppo in Asia e nell'Africa subsahariana. Secondo le stime dell'IEA (International Energy Agency), il taso di elettrificazione previsto entro il 2030 in Asia e in America Latina è del 99% e del 95% in Medio Oriente. Nell'Africa Subsahariana, il tasso di accesso all'energia salirà al 59% nel 2030, ma i progressi complessivi non tengono il passo con la continua crescita demografica. Si stima che il 90% dei 674 milioni di persone senza elettricità nel 2030 abiteranno in Africa Subsahariana.

"L'accesso all'energia è il filo conduttore che intreccia crescita economica, sviluppo umano e sostenibilità ambientale. L'energia è da tempo riconosciuta come essenziale per lo sviluppo e la prosperità dell'umanità, ma l'adozione nel 2015, da parte di 193 paesi, di un obiettivo di garantire a tutti l'accesso all'energia moderna, affidabile, sostenibile e a prezzi accessibili entro il 2030, come parte dei nuovi Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite (SDGs), ha segnato un nuovo livello di riconoscimento politico. L'energia è anche al centro di molti altri obiettivi di sviluppo sostenibile, compresi quelli relativi alla parità di genere, alla riduzione della povertà, al miglioramento delle condizioni di salute e del cambiamento climatico."
Per facilitare la comprensione del ruolo dell'energia bisogna distinguere il mondo in due parti. La prima parte è costituita dai Paesi sviluppati dove le questi energetiche ruotano più intorno al concetto di efficienza energetica, riduzione dei consumi energetici sia nel settore edilizio che nel trasporto, riduzione degli impatti sull'ambiente e transizione dalla dipendenza da fonti non rinnovabili a fonti rinnovabili per la produzione di energia. L'Unione Europea, ad esempio, ha approvato nel 2008 il Pacchetto Clima-Energia 20/20/20 volto a conseguire gli obiettivi che l'UE si è fissata per il 2020: ridurre del 20% le emissioni di gas a effetto serra, portare al 20% il risparmio energetico e aumentare al 20% il consumo di fonti rinnovabili. Il pacchetto comprende provvedimenti sul sistema di scambio di quote di emissione e sui limiti alle emissioni delle automobili.
Inoltre nel 2018 Il Parlamento Europeo ha approvato una nuova direttiva, Direttiva 2018/844/UE il cui target è di ridurre dell'80-95% le emissioni di gas serra entro il 2050, rispetto ai livelli del 1990, con target intermedi per il 2030 e il 2040. Oltre all'efficienza energetica incentrata sugli edifici e gli impianti, viene proposta anche un nuovo tipo di mobilitazione basato sull'elettricità, viene promossa una mobilità elettrica a scapito di altri tipi di carburante.

La seconda parte è invece rappresentata dai Paesi in via di sviluppo in cui le preoccupazioni sono l'accesso all'energia elettrica e all'energia pulita, intesa come fonte non tossica che danneggi la salute. Infatti una delle criticità maggiori di queste popolazione è l'accesso al carburante meno tossico per quanto riguarda la cottura dei cibi. Secondo i dati dell'IEA, dal 2000, il numero di persone nei paesi in via di sviluppo che hanno accesso a una cucina pulita - principalmente gas di petrolio liquefatto (GPL), gas naturale ed elettricità è cresciuto del 60% e il numero di persone che cucinano con carbone e cherosene si è più che dimezzato. Tuttavia, la forte crescita demografica nei paesi in via di sviluppo, in particolare nell'Africa subsahariana, ha fatto sì che il numero di persone che dipendono dalla biomassa per cucinare è incrementato di 400 milioni di persone. Una situazione molto diversa è molto più avanzata in materia di energia è rappresentata dai paesi del Nord Africa, in particolare il Marocco. Il Governo marocchino ha l'obiettivo di garantire l'elettrificazione del paese grazie alle reti smart grid alimentate da fonte solare. Il Noor Power Station è l'impianto più grande al mondo di

concentratori solari nel deserto di Ouarzazate, "una superficie di 24 kmq in grado di produrre 160 megawatt di energia sufficienti a soddisfare le esigenze di 650 000 persone." L'intento è dunque di trovare una soluzione alla dipendenza dell'importazione dell'energia da paesi esteri. Il 95% del budget annuale del Marocco fino al 2015 era speso per importare energia dato che gli impianti non potevano garantire l'alimentazione delle città. Con l'istituzione di IRESEN e altri centri di ricerca in ambito energetico, l'orientamento attuale del paese, è verso gli impianti che sfruttano il Sole, concentratori di energia e impianti fotovoltaici. Le politiche del Marocco sono inoltre orientate verso un miglioramento della condizione attuale dei suoi cittadini, sia nella dimensione urbana che rurale, con grande attenzione verso le fasce più vulnerabili. Negli ultimi anni gli interventi urbanistici degli imprenditori immobiliari, finanziati con capitali esteri dei privati e con capitali pubblici, hanno messo in atto una serie di cambiamenti che riguardano la realizzazione di nuove città sostenibili che seguono i codici normativi dell'Unione Europea in materia di prestazione energetica ed efficienza energetica degli edifici. I nuovi piani urbani propongono edifici più prestazionali energeticamente n-ZEB. In quest'ottica rientra anche la necessità di organizzare la competizione Solar Decathlon Africa 2019, per consentire una diffusione della conoscenza e delle pratiche delle case solari n-ZEB.

3.2 Efficienza energetica nel settore edilizio-Vantaggi

Nel 2017 il 36% del consumo finale globale di energia era dovuto al patrimonio immobiliare, mentre il 39% delle emissioni di gas serra era legato al consumo di energia dovuto ai processi di produzione nel settore dell'edilizia e delle costruzioni.[41] L'efficienza energetica degli edifici è riproposto in due degli Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030. Le Nazioni Unite riconoscono la necessità di intervenire e limitare i consumi energetici a livello globale attraverso l'implementazione delle normative sulle prestazioni energetiche degli edifici. L'adozione di queste normative su base volontaria o obbligatoria è incrementato negli ultimi dieci anni di 69 paesi. Secondo l'*UN Environment* e IEA *"I vantaggi di edifici efficienti dal punto di vista energetico resilienti e sostenibili sono significativi. Essi comprendono benefici locali come la creazione di posti di lavoro, l'aumento della produttività, la riduzione dell'inquinamento atmosferico locale e la riduzione della povertà. Questi vantaggi fanno riferimento ai seguenti obiettivi: incremento dell'accessibilità all'energia. L'efficienza energetica è essenziale per migliorare l'accesso all'energia aumentando la larghezza di banda disponibile nelle reti energetiche, migliorando l'affidabilità e riducendo le emissioni di anidride carbonica e dei costi per l'accesso ad un'energia sicura, accessibile e sostenibile; migliora la salute e il benessere. Le misure di efficienza energetica possono sostenere una buona condizione di salute fisica e mentale, in primo luogo creando ambienti interni sani con temperature dell'aria, livelli di umidità, livelli di rumore e qualità dell'aria migliori; contribuisce alla riduzione della povertà. L'adeguamento degli alloggi a basso reddito secondo all'efficienza energetica offre una soluzione più durevole alla scarsità energetica rispetto al sostegno continuo attraverso sovvenzioni energetiche; maggiore comfort. L'uso dell'isolamento in combinazione ai sistemi meccanici di riscaldamento, raffreddamento e ventilazione sono utili per migliorare il comfort termico e la qualità dell'aria interna, quindi migliora sensibilmente lo stato psicologico e riduce significativamente le malattie respiratorie, le malattie cardiovascolari e le allergie; incrementa il tasso di occupazione. L'impiego dell'efficienza energetica negli edifici e nell'edilizia contribuisce a aumentare la produttività economica, creando posti di lavoro diretti e indiretti; aumenta la produttività. Un ambiente di lavoro più sano e confortevole migliora produttività e riduce l'assenteismo dei dipendenti."*[42]
Gli argomenti che ruotano intorno all'energia sono vari e complessi e dipendono dalla regione geografica a cui si fa riferimento. I Paesi sviluppati sono incentrati sulla dimensione dei consumi, dei rischi ambientali che ne derivano dalla produzione e dall'utilizzo dell'energia, dalla gestione all'efficienza, ovvero come rendere meno energivoro qualsiasi prodotto che utilizzi energia, sia esso un edificio o un cellulare. Mentre nei Paesi in via di sviluppo sono legati all'accessibilità energetica e come ridurre gli impatti sulla salute. Le proposte da parte delle agenzie intergovernative sono molteplici e di varie dimensione, dalla dimensione famigliare attraverso la cucina a energia solare *Solar Cookit*[43] ai *geyser* solari[44] per la produzione di acqua calda e impianti illuminotecnici a LED per ridurre il consumo di energia. Gli interventi di efficienza energetica devono quindi tenere conto della specificità dell'ambiente in cui si trova ad operare affinché esso sia efficace a tutte le persone, *"Occorre pensare ad una «civiltà contadina modernizzata», basata sull'autosufficienza locale."*[45]

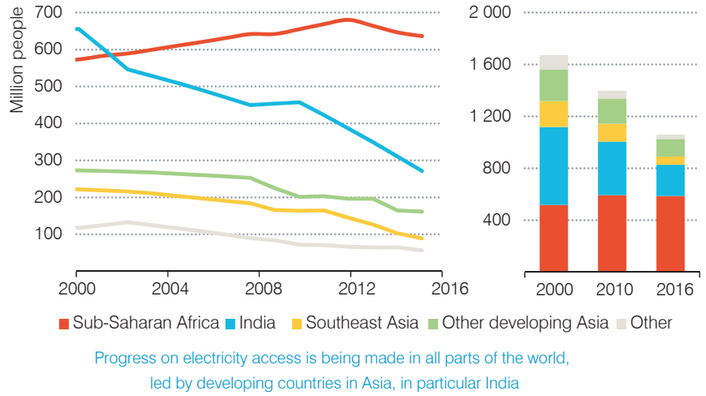
41 Global Alliance for Buildings and Construction, United Nations Environment, International Energy Agency, 2018 Global Status Report. Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector, 2018, p. 11. Fonte: https://www.globalabc.org/

42 Ibidem p. 31

43 P. Tamborrini, Design sostenibile; oggetti, sistemi e comportamenti, Mondatori Electra, Milano, 2012; articolo dell'autore R. Bernard, Cucina a energia solare Solar Cookit, p.186-187.

44 United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), The State of African Cities 2014. Re-imagining sustainable urban transitions, 2014, p.50. Fonte: https://new.unhabitat.org/

45 Y. Friedman, G. Fassino traduttore, Architettura di sopravvivenza. Una filosofia della povertà, Bollati Boringhieri, Torino, 2009, p. 27.



Note: Other includes Middle East, North Africa and Latin America.

Figura 41. Stima delle popolazioni senza accesso all'elettricità per regioni geografiche.
International Energy Agency, Energy Access Outlook 2017. From Poverty to Prosperity, 2017, p.41.
Fonte: https://www.iea.org/

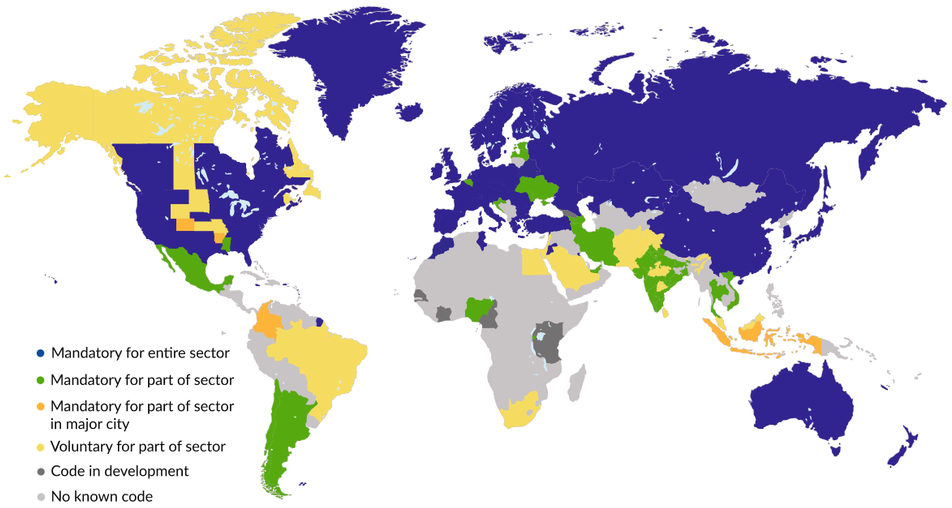
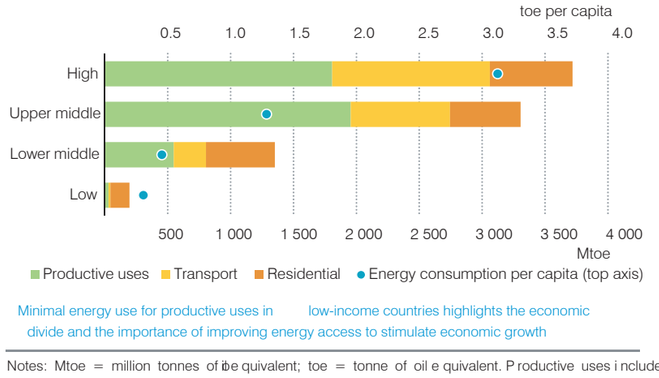


Figura 42. Mappa della distribuzione dei paesi che attuano normative sulle prestazioni energetiche degli edifici.
Global Alliance for Buildings and Construction, 2018 Global Status Report. Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector, p.11.
Fonte: https://www.globalabc.org/



Notes: Mtoe = million tonnes of oil equivalent; toe = tonne of oil equivalent. Productive uses include industry, services, agriculture and non-energy use.

Figura 43. Consumo finale di energia in base alla fascia di reddito nel 2016.
International Energy Agency, Energy Access Outlook 2017. From Poverty to Prosperity, 2017, p.31.
Fonte: https://www.iea.org/

Capitolo 2.
Confronto-Obiettivi Solar Decathlon *versus* Habitat africano

Nella Parte I della tesi è tracciato un percorso cronologico dei periodi e progetti chiave della storia dell'architettura solare, che hanno contribuito all'istituzione del Solar Decathlon nel formato attuale. Una competizione a cui partecipano diverse figure dell'ambito universitario e della ricerca, del settore edilizio-costruttivo, del ramo immobiliare, energetico e governativo. Una competizione che si prefissa l'obiettivo di promuovere la conoscenza e la sensibilizzazione all'uso dell'energia prodotta da fonte rinnovabile solare, nel settore edilizio residenziale, e delle strategie e tipologie edilizie *(n-ZEB, Plus Energy House)* volte a massimizzare l'efficienza energetica. Inoltre attraverso l'innovazione delle tecnologie fotovoltaiche, il Solar Decathlon, incoraggia i partecipanti a essere sempre più creativi nelle proposte riguardo l'integrazione tra gli impianti fotovoltaici e l'involucro dell'edificio, allo scopo di rivoluzionare i tradizionali rivestimenti e renderli più interattivi e responsivi agli stimoli solari. Nel corso degli anni, dal 2002 al 2019, la competizione si è espansa a livello internazionale, aggiungendo sempre più tematiche riguardanti esigenze specifiche. La scala architettonica è in alcuni casi, Solar Decathlon Europa 2014 e America Latina e Caraibi 2015, superata dalla scala urbana. Le interazioni che esistono, che si formano e si spezzano e si riformano tra i vari componenti di una città, spingono a guadare oltre al singolo edificio come strumento di risposta alle complesse dinamiche ambientali, sociali ed economiche. I rischi e le conseguenze che derivano dallo stesso operato dei cittadini, delle industrie e delle aziende manifatturiere diventano imprevedibili e sempre più impattanti e destabilizzanti. *"La città è una matrice mutevole e complessa di attività umane e relative conseguenze ambientali. Per progettare una città a sviluppo sostenibile è necessaria quindi la più ampia comprensione possibile delle relazioni tra cittadini, servizi, programmi di trasporto e di produzione di energia, insieme a quella del loro impatto globale sull'ambiente circostante e sul loro più esteso intorno geografico."*[46] La città è intesa come un organismo, in cui la visione olistica gestisce le varie fasi di pianificazione e di sviluppo e il cui funzionamento si basa sul "metabolismo circolare."[47] La città riduce al minimo gli *input* (cibo, energia beni) e favorisce il riutilizzo e il ricircolo degli *output* (rifiuti), minimizzando l'inquinamento. Le dimensioni sociale ed economica, hanno pari importanza della dimensione ambientale. La città diventa compatta, policentrica in cui si prediligono i mezzi di trasporto in comune, per favorire la socializzazione, la diminuzione delle spese, la velocità degli spostamenti (lavoro-abitazione-tempo libero)[48] e il miglioramento della salute fisica e psichica dei cittadini.

All'opposto delle visioni del Solar Decathlon, vi è la realtà del Sud del mondo, nello specifico dei paesi dell'Africa. In questa seconda parte sono state riassunte una serie di tendenze che l'Africa sta sperimentando e sperimenterà nel futuro prossimo e una serie di tematiche che le Nazioni Unite trattano attraverso vari programmi, per garantire i diritti base della fascia di popolazione più vulnerabile rappresentata da circa il 60% della popolazione Subsahariana. Attualmente circa 200 milioni di persone, più del triplo della popolazione italiana, abita in slum, quindi in condizioni di degrado estremo, senza un alloggio sicuro e salubre, senza accesso all'acqua potabile, senza accesso a servizi igienico-sanitari e sistemi fognari, senza accesso all'elettricità, senza un sistema viario di distribuzione, senza opportunità di lavoro nelle immediate aree e senza accesso all'educazione. Gli *slum* non sono intesi come piccoli o medi aggregati di baraccopoli o edifici informali, ma sono delle vere e proprie città che posso raggiungere anche 100 mila abitanti, come nel caso di Korogocho nella periferia di Nairobi, Kenya. Essi si basano su un'organizzazione spontanea di tipo socio-economico auto-organizzato dove gli abitanti (abbandonati a sé dalle amministrazioni locali) fondano la propria sopravvivenza attraverso il baratto, sulla produzione e scambio dei beni che direttamente garantiscono la loro sopravvivenza o nei peggiori dei casi compiendo azioni illegali. Spesso queste *città-slum* sono distribuite nelle aree a più alto rischio di catastrofi naturali o causate da altre situazioni, come nel caso delle città costiere che rappresentano il 12% delle città africane in processo di urbanizzazione non controllato. Le *città-slum* sono diffuse, si estendono a macchia d'olio (perché la precarietà dei materiali che utilizzano in autocostruzione non consente la sicurezza di più di un piano) comprendono gruppi multietnici e multiculturali che vivono dislocati tra loro, dando vita a dei pattern di segregazione, fasce sociali con diverse redditi che sono distribuiti sempre in maniera eterogenea creando ulteriori pattern segregativi, persone che perdono la speranza di credere in un futuro migliore date le impossibilità di evolvere nella propria condizione. A contribuire al peggioramento di queste situazioni sono gli interventi degli imprenditori immobiliari (privati, pubblici, locali o esteri),

46 R. Rogers, P. Gumuchdjian, traduttore D'Ayala Valva L. Città per un piccolo pianeta, Erid'A/Kappa, Roma, 2000, p.2/28.

47 Ibidem

48 Ibidem, p. 2/36

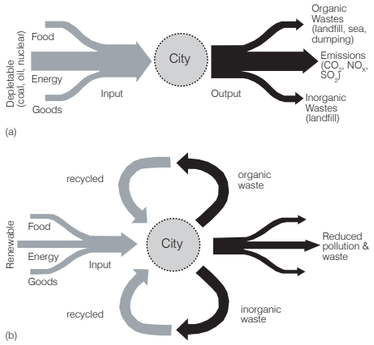


Figura 44. Rielaborazione schema Metabolismo Urbano.
Fonte: R. Rogers, P. Gumuchdjian, traduttore D'Ayala Valva L. Città per un piccolo pianeta, Erid'A/Kappa, Roma, 2000, p.2/28.

che incuranti dell'esistenza delle *città-slum* (che hanno le loro dinamiche sociali) scelgono sulla base della potenzialità economica delle aree, il luogo in cui avviare gli interventi costruttivi. I nuovi edifici seguono criteri che prescindono dalla disponibilità di risorse locali, dai collegamenti interurbani e extraurbani e dalle consuetudini tradizionali e culturali e rispondono alle esigenze di una fascia molto ristretta dal reddito medio-alto, alto.

Il Solar Decathlon Africa si pone come obiettivo la dimensione architettonica ecotecnologica, che grazie all'innovazione *high tech* raggiunge prestazioni ottimali di comfort interno e consumo energetico anche in condizioni climatiche estreme, distaccandosi dall'approccio tradizionale del *know how* locale nella fase costruttiva e gestionale. Questo metodo non soddisfa le richieste della stragrande maggioranza di persone e alimenta ulteriormente il forte distacco socio-economico all'interno delle aree urbane, marcando la segregazione a *pattern* di classi di appartenenza. Non viene promossa una *mixité* funzionale che si sviluppa in verticale minimizzando il consumo del suolo, ma promuove un'espansione diffusa di case unifamiliari, secondo il modello americano. I materiali proposti sono vari e possono fare riferimento (come nel caso del progetto *Inter House*) a materiali locali, ma spesso sono delle interpretazioni innovative che vanno oltre il sapere della manodopera locale e le possibilità economiche dei futuri acquirenti, in quanto questi materiali sono importati dall'estero. La sostenibilità intesa nella sua tri-dimensione (sociale, economica e ambientale) diventa in realtà unidimensionale o al massimo bidimensionale, infatti si fa attenzione alla certificazione dei prodotti costruttivi (etichettature di tipo I, II, III) oppure alla possibilità di certificare la casa attraverso enti certificatori LEED *(Leadership in Energy and Environmental Design)*, BREEAM *(BRE Environmental Assessment Method), HQE (Haute Qualité Environnementale)*, GBTool/ SBTool (gestito dal *Green Building Challenge*), ma non alla resilienza di queste strutture e all'adattamento di essi al contesto in cui si trovano, rendendo questi edifici dipendenti dall'energia per il loro funzionamento. L'aspetto economico riguardo i costi di costruzione o di vendita è uno dei più critici. I team hanno a disposizione un budget di partenza sponsorizzato dagli istitutori, di 50 000 $ che supera, ad esempio, il tetto massimo (40 000$) del 95% della popolazione marocchina in termini di acquisto di un alloggio, a prescindere dalla tipologia (villa unifamiliare o un appartamento).

La competizione Solar Decathlon Africa 2019 si terrà a settembre. Le riflessioni sopra descritte derivano dalle informazioni della prima e seconda parte della tesi e in quanto tali possono essere smentite dai progetti partecipanti (in quanto modificati in seguito ai suggerimenti ricevuti durante il *workshop Hands on Solar Decathlon Africa*. Per determinare quali sono gli impatti, le criticità e le potenzialità di questa competizione e quali sono le destinazioni finali dei prototipi (che sono delle vere e proprie case pronte ad essere abitate), si è deciso di elaborare un'analisi critica dei progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018. La metodologia di analisi si basa su 10 criteri, elaborati in base alle costatazioni contemplate fino a questo punto della tesi e in riferimento agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030, il programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU.

Figura 45. I 17 obiettivi di Sviluppo Sostenibile, Agenda 2030.
Fonte: https://www.unric.org/it/agenda-2030

Capitolo 3.
Parametri di analisi-Descrizione

1.Consumo del suolo- tipologia abitativa, modularità urbana

29 luglio 2019 è il Giorno del Superamento della Terra, *Earth Overshoot Day*, significa che l'umanità ha utilizzato il bilancio delle risorse naturali per tutto l'anno. *"L'umanità sta usando la natura 1,75 volte più velocemente di quanto gli ecosistemi del nostro pianeta possano rigenerarsi. Questo è simile all'utilizzo di 1,75 terre. Il superamento è possibile perché stiamo esaurendo il nostro capitale naturale, il che compromette la sicurezza delle risorse future dell'umanità. I costi di questa spesa ecologica globale sono sempre più evidenti sotto forma di deforestazione, erosione del suolo, perdita di biodiversità o accumulo di anidride carbonica nell'atmosfera. Quest'ultima, causa il cambiamento climatico e una maggiore frequenza di eventi meteorologici estremi." (Global Footprint Network)*[49]

Il suolo terrestre rappresenta una delle risorse naturali fondamentali, senza la quale, il mondo così come lo conosciamo, non potrebbe esistere. Il suolo è il luogo terrestre su cui l'uomo ha iniziato a creare il suo habitat artificiale. Dalle prime forme di insediamento in pietra risalenti a 12 500 a.C. edificate dalla civiltà natufiana[50] ad oggi, l'habitat terrestre ha subito un aumento degli agglomerati urbani.

Il patrimonio edilizio globale raggiunge nel 2017 i 162,8 miliardi m^2 con una prospettiva di espansione di circa 183,5 miliardi m^2 nel 2026.[51] Attualmente 3,5 miliardi della popolazione mondiale abita in centri urbani di cui 828 milioni di persone vivono in baraccopoli e bidonville. Un numero che si prospetta aumenti nei prossimi decenni, dato che il 95% dell'espansione urbana si verificherà nei Paesi in via di sviluppo. (11 Città e comunità sostenibili, *Sustainable Development Goals*)[52]

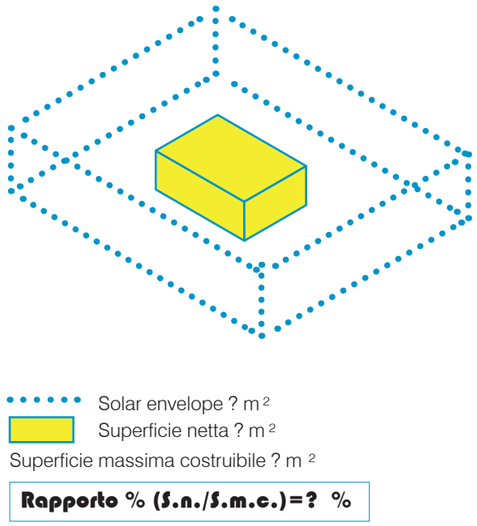
Un numero elevato di questi paesi non hanno ancora previsto piani urbanistici per accogliere la nuova popolazione. L'aumento demografico e la tendenza all'urbanizzazione che si prospetta per i prossimi decenni, evidenzia l'esigenza di costruire nuove infrastrutture, alloggi adeguati e nuovi servizi. I nuovi piani urbanistici devono assicurare queste prerogative alla popolazione e allo stesso tempo devono minimizzare l'impatto sul consumo del suolo.
La competizione Solar Decathlon ha l'obiettivo di fornire una nuova tipologia di abitazioni residenziali, sostenibile, autosufficiente energeticamente e accessibile economicamente. Per stabilire come questi prototipi sfruttano il suolo terrestre, si è ritenuto opportuno analizzare i 15 progetti vincenti delle competizioni Solar Decathlon, organizzate dal 2002 al 2018 attraverso il parametro "Consumo del suolo". Il parametro è rappresentato attraverso una parte scritta e uno schema grafico. La parte scritta si esplicita attraverso cinque sotto parametri: solar envelope (involucro solare), espresso in m^2, è l'area che ogni team partecipante ha a disposizione per contenere il prototipo e ogni altro componente mobile o convertibile della casa o del sito, inclusa la macchina elettrica richiesta dalla competizione. Quest'area può variare in dimensioni da competizione a competizione; superficie netta, misurata in m^2, indica l'impronta a terra del prototipo, le aree porticate, patii, buffer zone o terrazzi; ambiente climatizzato, misurato in m^2, rappresenta le zone climatiche interne; tipologia abitativa che può variare da edificio con funzione residenziale a edificio multifunzionale a scopo educativo; modularità urbana, con questo sotto parametro si vuole indicare se il team ha previsto una composizione modulare interna, per facilitare la posa in opera, ma soprattutto una modularità compositiva a livello urbano con un'espansione in orizzontale oppure in verticale. Questo dato permette di verificare se la strategia progettuale promuove la costruzione di edifici ad alta densità abitativa e una limitata impronta a terra dell'edificio; oppure favorisce la proliferazione di case unifamiliari con conseguente sottrazione del suolo ad altre funzioni quali aree verdi, agricole o ricreative. Lo schema grafico racchiude le informazioni principali tra cui il "Rapporto in percentuale" tra la superficie massima costruibile, consentita dall'organizzazione Solar Decathlon, e la Superficie netta dell'edificio che include l'impronta a terra del prototipo, le aree porticate, patii, buffer zone o terrazzi.

49 https://www.footprintnetwork.org/2019/07/23/press-release-july-2019/

50 Yuval Noah Harrari, Sapiens, Da animali a dei; Breve storia dell'umanità, Giunti Editore S.p.A./Bompiani, Firenze/Milano, 2019, p.114.

51 https://www.navigantresearch.com/news-and-views/the-global-building-stock-is-expected-to-exceed-183-billion-square-meters-in-2026

52 https://www.unric.org/it/agenda-2030/30732-obiettivo-11-rendere-le-citta-e-gli-insediamenti-umani-inclusivi-sicuri-duraturi-e-sostenibili



2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

"Le emissioni di CO2 derivanti dall'uso di materiali negli edifici rappresentano il 28% delle emissioni annue di CO2 relative all'settore edilizio. La maggior parte di queste emissioni sono il risultato della produzione di cemento e acciaio. Questi prodotti utilizzati su larga scala emettono elevate quantità di anidride carbonica in ambiente durante i loro processi produttivi. L'alluminio, il vetro e i materiali isolanti sono fattori secondari. Mentre i paesi stanno intraprendendo azioni per affrontare le emissioni dirette (ad esempio, la combustione di combustibili fossili negli edifici) e indirette (ad esempio, il consumo di elettricità), le ambizioni di ridurre il carbonio incorporato, embodied carbon, negli edifici sono in secondo piano. […] Le tendenze dello sviluppo urbano influenzano anche la superficie media degli edifici, l'altezza e il design, che, a loro volta, hanno un impatto sull'uso dei materiali. Ad esempio, esiste una forte correlazione tra l'uso del cemento per unità di superficie e il numero medio di piani di un edificio. Le recenti tendenze suggeriscono che l'altezza media degli edifici è aumentata significativamente, soprattutto nelle regioni con tassi di urbanizzazione in rapido aumento."(Global Report Status, 2018)[53]

Nei Paesi in via di sviluppo, in particolare sui continenti Asia e Africa, la richiesta di mercato dei due materiali più impattanti, acciaio e cemento, è in continuo aumento. Pertanto la scelta dei materiali costruttivi a basso impatto ambientale, diventa una prerogativa necessaria già in fase di progettazione. Una buona pratica progettuale si basa sulla comparazione tra diverse alternative di materiali costruttivi. La scelta deve tenere in considerazione non solo il parametro anidride carbonica, ma anche la disponibilità delle risorse, tecnologie e manodopera locali per favorire la diversità e specificità culturali.
Il parametro "Materiali" all'interno delle analisi, è ipotizzato per indicare i principali materiali costruttivi utilizzati nei progetti vincenti delle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018. Il parametro indica come questi prototipi innovativi cercano di rispondere alle criticità imposte dal settore delle costruzioni e quali sono le strategie applicate per ridurre il carbonio incorporato negli edifici. Questo parametro a sua volta si esplicita attraverso tre sotto parametri: tipologia che indica il materiale costruttivo, la sua funzione all'interno dell'edificio e l'azienda manifatturiera; provenienza che specifica se il materiale è prodotto nel paese da cui proviene la squadra partecipante oppure è acquistato da altri paesi; certificazioni del prodotto specifica se la materia prima da cui deriva il prodotto finale oppure il materiale stesso è certificato attraverso almeno una delle tre tipologie di etichettatura ambientale, ISO 14 024 di Tipo I, ISO 14 021 di Tipo II, ISO 14 025 di Tipo III. Il grafico che accompagna il parametro indica il confine dello stato o degli stati da cui provengono i materiali e la distanza approssimativa percorsa in fase di trasporto, nel caso in cui il materiale utilizzato proviene da uno stato diverso da quello del team partecipante.

53 Global Aliance for Buildings and Construction.
Fonte: https://globalabc.org

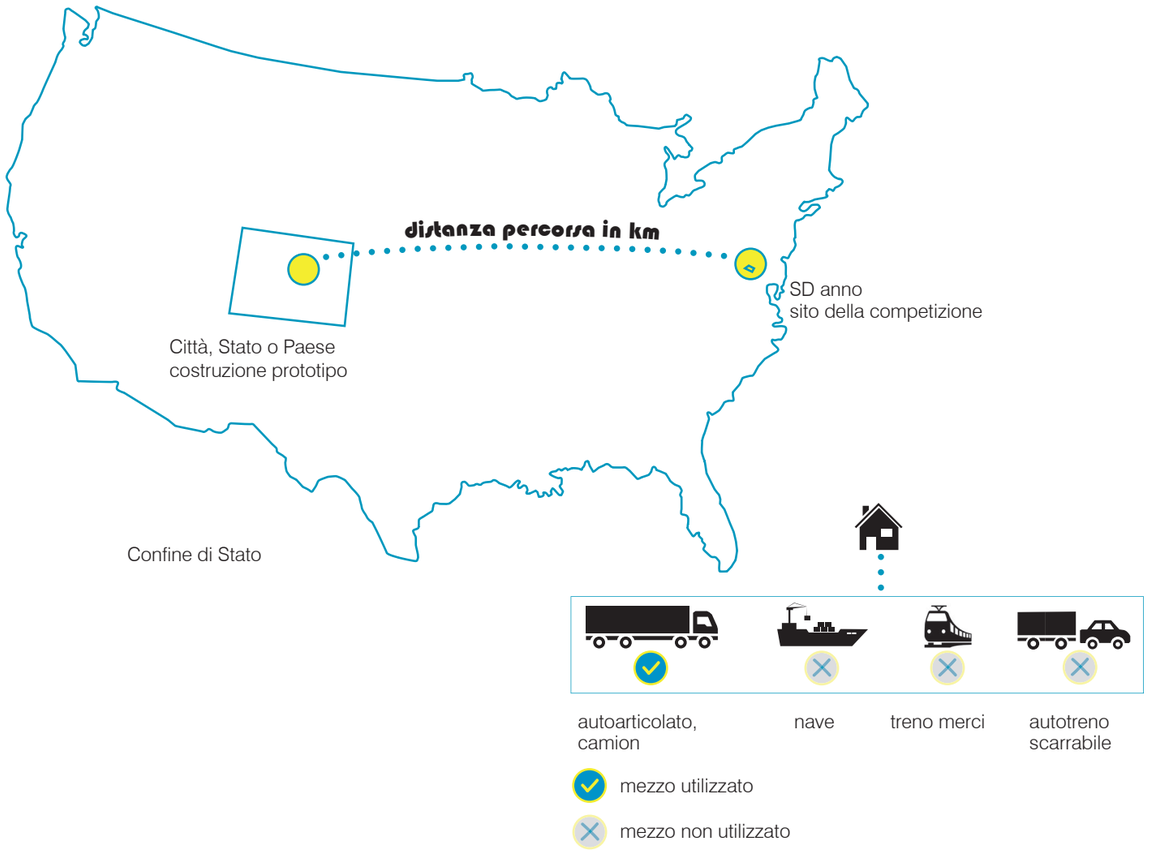
3. Trasporto-distanza e tipologia

Il settore del Trasporto, nel 2015 è responsabile del 28,8% del consumo energetico globale finale e del 24,7% delle emissioni globali di CO2 correlate all'energia. I dati statistici ufficiali mostrano che il trasporto stradale e navale sono le due tipologie più impattante sia da un punto di vista ambientale che energetico. Essi producono rispettivamente il 72,6% e il 10,2% delle emissioni di CO2 derivanti dalla combustione del carburante. Invece consumano il 75,3% e il 9,5% dell'energia. Il trasporto ferroviario, pur non avendo un'estensione infrastrutturale quanto quella stradale produce il 4,2% delle emissioni di CO2 ed è responsabile del 1,9% del consumo di energia. *(RailWay Handbook, 2017)*[54] Sfruttare quest'ultima tipologia per il trasporto di merci e di persone può ridurre considerevolmente le emissioni di CO2 in atmosfera.

L'organizzazione Solar Decathlon prevede che il prototipo sia montabile e smontabile, per poter essere rimosso dal sito della competizione una volta conclusa. Pertanto tutte le squadre devono tenere in considerazione il fattore trasporto già nella fase progettuale. Nelle analisi dei progetti vincenti delle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018, si è ritenuto opportuno introdurre il parametro "Trasporto" sia perché esso è uno dei fattori più impattanti a livello ambientale sia perché le competizioni sono aperte a tutte le università del mondo che vogliono partecipare, indipendentemente dalla provenienza e distanza dal sito della competizione. Indicare quali sono le strategie e le tipologie scelte dai team per limitare le emissioni e il consumo di energia e quali sono le distanze percorse dai prototipi rappresenta un dato fondamentale. Nell'ottica in cui non tutti i paesi partecipanti oppure ospitanti sono dotati di infrastrutture ferroviarie adeguate, e quindi la maggior parte degli spostamenti avviene sul manto stradale. I team devono affrontare anche il costo legato al trasporto che secondo una stima approssimativa il costo di spedizione di un container di 6 m da un paese all'altro oscilla tra 1 000 GBP e 2 500 GBP (1 115 euro e 2 880 euro).[55] Il grafico attraverso cui il parametro viene rappresentato, sintetizza le informazioni principali riscontrabili anche nella parte scritta, distanza, paesi di provenienza e sito della competizione e tipologia di trasporto.

54 RailWay Handbook, 2017. Fonte: https://uic.org/IMG/pdf/handbook_iea-uic_2017_web3.pdf pp. 19, 20.

55 https://www.movehub.com/advice/international-container-shipping-costs/#container-costs



4. LCA-considerazione del life cycle assessment

"L'Analisi del ciclo di vita, *Life cycle assessment*, è un approccio metodologico finalizzato a valutare l'impatto ambientale di un prodotto o di un servizio durante l'intero arco di vita, dall'estrazione delle materie prime, alla realizzazione del prodotto all'imballaggio, fino alla distribuzione e all'utilizzo da parte del consumatore, alla dismissione."[56]

Il ciclo di vita di un prodotto o di un servizio è valutato a partire da dati input, materie prime, energia, acqua, uso del suolo e per ogni fase è calcolato un dato di output che corrisponde alle emissioni in aria di gas nocivi e particolato, all'emissioni in acqua di soluzioni acide, all'emissione nel suolo di scarti e rifiuti per ogni fase di valutazione considerata. LCA è inclusa negli standard europei per l'edilizia sostenibile (la normativa a cui fa riferimento è la UNI EN ISO 14 040 e UNI EN ISO 14 044 del 2006), nel Regolamento Prodotti da Costruzione ((UE) 305/2011 e nei processi di certificazione per l'edilizia sostenibile. (*Introduction to LCA of Buildings)*[57]

LCA fornisce una conoscenza di base sui parametri che contribuiscono all'uso delle risorse e dei potenziali impatti ambientali durante il ciclo di vita di un edificio. A livello mondiale questa metodologia è applicata soprattutto nei Paesi sviluppati con basse percentuali quasi nulle in alcuni Paesi in via di sviluppo.
"Sul continente africano, l'utilizzo del LCA in diversi settori tra cui il settore dell'edilizia è stato promosso dall'UN Environment Life cycle Initiative che ha lanciato nel 2017 un programma di premi LCA Awards per sostenere progetti pragmatici selezionati nell'attuazione degli approcci basati sul ciclo di vita." *(UN Environment)*[58]

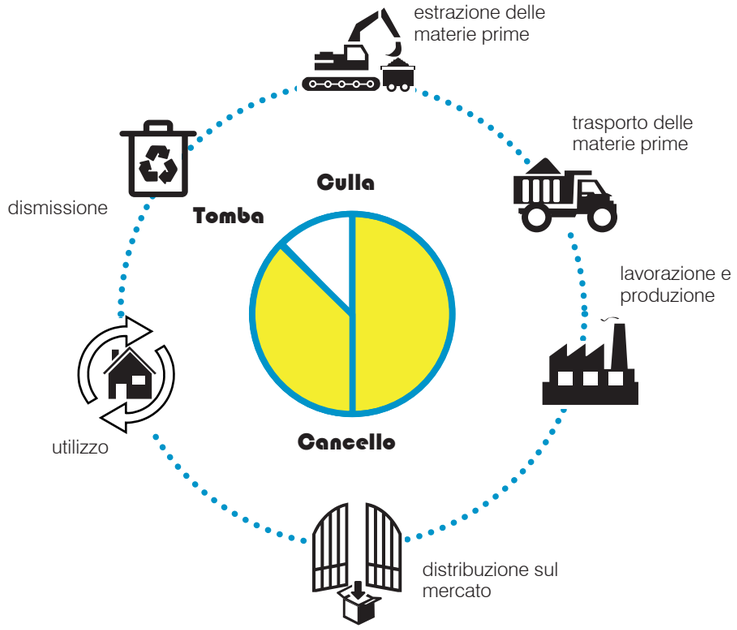
Il Life cycle assessment come strumento progettuale consente il confronto tra diverse

56 Lezione Strumenti di Valutazione Sostenibile edilizia LCA, ing. Simonetta Pagliolico, Corso Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura anno 2017/2018.

57 Fonte:https://www.trafikstyrelsen.dk/~/media/Dokumenter/09%20Byggeri/Baredygtigt%20byggeri/TBST-2016-02-Introduction_LCA_english.pdf

58 Fonte:https://www.lifecycleinitiative.org/lca-award-news-from-africa-latin-america-and-asia/f614f6de67d55037cd9984cc29308f3609829797a.pdf

soluzioni, mettendo in evidenza le prestazioni energetico-ambientali di ognuna di queste e facilita la scelta del prodotto coerente con propria strategia o necessità progettuali.
Nelle analisi dei progetti vincenti Solar Decathlon, 2002-2018, il parametro LCA, Life cycle assessment, serve a specificare se le squadre fanno uso di questo approccio metodologico nella fase progettuale oppure nella scelta dei materiali nell'ottica di promuovere edifici a basso contenuto di carbonio. Il parametro viene rappresentato anche attraverso un grafico a torta che raffigura le sei fasi del ciclo di vita del prodotto e l'arco di vita di valutazione: dalla culla al cancello, from the cradle to the gate; dalla culla alla tomba, from the cradle to the grave; dalla culla alla culla, from the cradle to the cradle.



Analisi ciclo di vita, **life cycle assessment**, dei principali materiali costruttivi utilizzati.
Grafico a torta che indica le fasi:
- dalla **culla** al **cancello**, *from the* **cradle** *to the* **gate**
- dalla **culla** alla **tomba**, *from the* **cradle** *to the* **grave**
- dalla **culla** alla **culla**, *from the* **cradle** *to the* **cradle**

5. Accessibilità economica

"Solo il 13% delle città del mondo hanno alloggi a prezzi accessibili, lo conferma una ricerca del 2016, effettuta su un campione rappresentante il 70% della popolazione urbana mondiale. Il prezzo medio della casa è 4,9 volte il reddito familiare annuo nella maggior parte delle aree metropolitane, ben al di sopra del rapporto raccomandato di 3,0 volte. La ricerca rileva inoltre che, ad eccezione degli alloggi informali per le città a basso e alto reddito, tutti gli altri tipi di alloggi sul mercato sono insostenibili e che gli alloggi pubblici non sono accessibili in nessuna città, indipendentemente dal PIL pro capite. […] Altri risultati includono il fatto che i tassi ipotecari sono più elevati nei paesi in via di sviluppo che in quelli sviluppati e che i diversi tipi di alloggio incidono sull'accessibilità economica." (Conferenza stampa Surabaya, 26 July 2016)[59]

"Entro il 2030, UN-Habitat stima che 3 miliardi di persone, circa il 40% della popolazione mondiale, avranno bisogno di un alloggio adeguato. Ciò si traduce in una domanda di 96000

59 L'analisi fa parte di un'anteprima dell'Atlante dell'espansione urbana, una partnership tra UN-Habitat, l'iniziativa di espansione urbana della New York University e il Lincoln Institute of Land Policy. È stato presentato in conferenza stampa al terzo comitato preparatorio per Habitat III, da Joan Clos, segretario generale della conferenza e direttore esecutivo di UN-Habitat. Fonte: https://unhabitat.org/only-13-of-worlds-cities-have-affordable-housing-according-to-new-research/

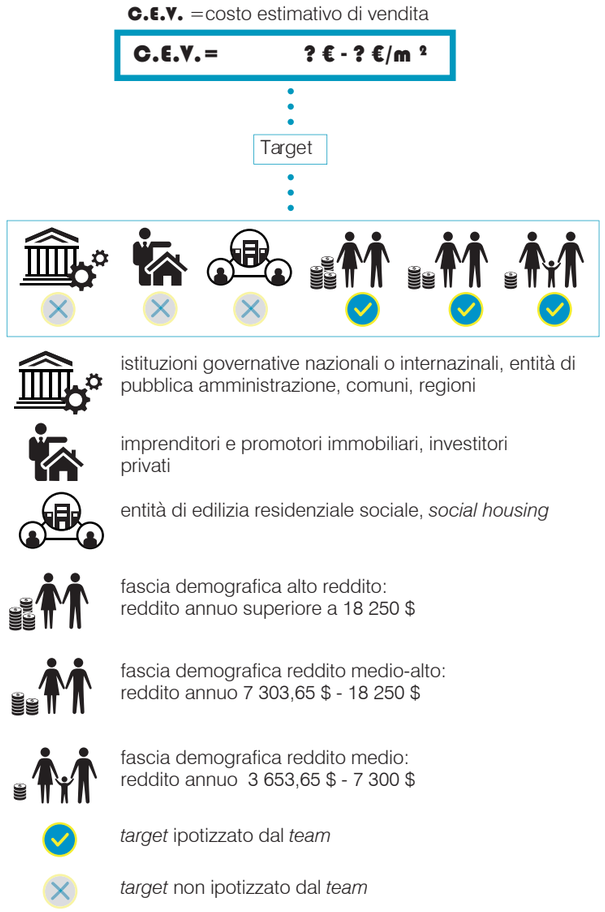
60 https://new.unhabitat.org/topic/housing

61 https://www.pewresearch.org/global/interactives/global-population-by-income/

nuove unità abitative accessibili e a prezzi contenuti ogni giorno. L'accesso all'alloggio è una condizione preliminare per l'accesso all'occupazione, all'istruzione, alla sanità e ai servizi sociali." (UN Habitat-Housing)[60]

Da queste statistiche emerge che nei prossimi decenni ci sarà una crescente richiesta di abitazioni ex novo, adeguate alle nuove sfide ambientali causate dal cambiamento climatico. La richiesta predominante proviene soprattutto dai Paesi in via di sviluppo, per via dell'aumento deomgrafico. Il reddito nazionale pro capite di questi paesi generalmente è associato al poor (un individuo sopravvive con 2 $ al giorno) e low-income (un individuo vive con un guadagno compreso tra i 2,01 $ e i 10 $ al giorno). Nella competizione Solar Decathlon, le case solari autosuffcienti n-ZEB sono progettate per consentire l'accessibilità a tutte le fasce della popolazione di un dato territorio. Nelle edizioni SD United States 2011, 2013, 2015, SD *Europe* 2014, SD *Latin America and Caribbean* 2015, l'accessibilità economica rappresenta uno dei 10 criteri attraverso cui sono analizzati i progetti partecipanti. I team partecipanti sono condizionati già in fase progettuale dal tetto massimo che possono spendere per il prototipo, pena la sottrazioni dei punti. Per determinare l'effettiva convenienza economica e la tendenza dei costi estimativi di vendita dei 15 progetti vincenti delle competizioni Solar Decathlon, dal 2002 al 2018, si è stabilito di utilizzare "Accessibilità economica" come parametro di analisi. Quest'ultimo si esprime attraverso una parte scritta e uno schema grafico per rendere immediata la lettura dei dati. La parte scritta si suddivide in due sotto parametri: target, un dato che identifica la fascia della popolazione per cui è stato progettato il prototipo oppure investitori privati e Pubbliche Amministrazioni disposti a finanziare lo sviluppo del progetto; costo estimativo di vendita del prototipo è espresso in euro. Al fine di orientare il lettore nella comprensione del prezzo di vendita sul mercato immobiliare di provenienza della sqaudra, sono aggiunte ulteriori informazioni. Esse possono riguardare i prezzi mediani di vendita rispetto all'anno di partecipazione alla competizione oppure approfondimenti fornite dal team nel Project Manual.

Il grafico racchiude le infromazioni fondamentalii tra cui il costo estimativo di vendita, il prezzo al metro quadro del prototipo e il target. Le fasce della popolazione sono suddivise in base alla classificazione fornita dalla Pew Research Center, Global Attitude & Trends in: fascia a reddito medio con un range tra 10,01-20 dollari al giorno equivalente a 3 653,65 $ - 7 300 $ annuo; reddito medio-alto con 20,01-50 dollari al giorno equivalente a 7 303,65 $ - 18 250 $ annuo; e reddito alto con più di 50 dollari al giorno equivalente a più di 18 250 $ annuo. I dati sono espresse per il 2011 a parità di potere d'acquisto a prezzi 2011.[61]



6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

"L'uomo abita quando riesce ad orientarsi in un ambiente e ad identificarsi con esso, o più semplicemente, quando esperisce il significato di un ambiente. Abitazione quindi vuol dire qualcosa di più di un «rifugio»: essa implica che gli spazi, dove la vita si svolge siano luoghi nel vero senso della parola. Un luogo è uno spazio dotato di un carattere distintivo. Fin dall'antichità il genius loci, lo spirito del luogo, è stato considerato come quella realtà concreta che l'uomo affronta nella vita quotidiana. Far dell'architettura, significa visualizzare il genius loci: il compito dell'architetto è quello di creare luoghi significativi per aiutare l'uomo ad abitare." (Genius loci, Norberg-Shulz, 1992)[62]

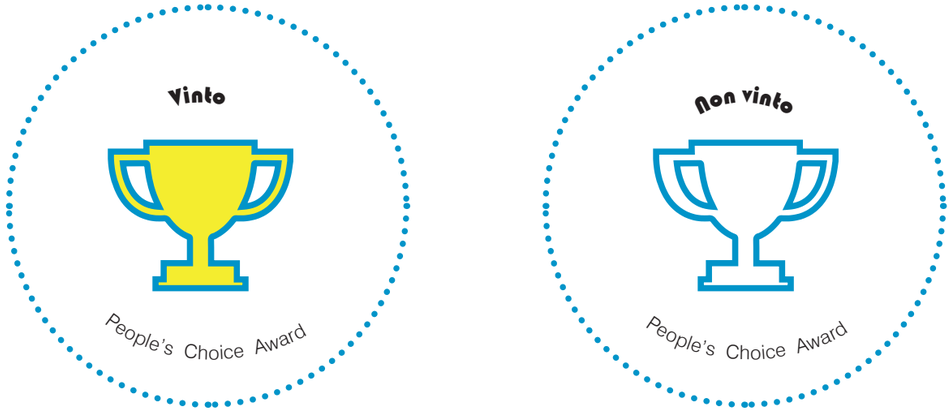
62 C. Norberg-Schulz, Genius loci: Genius loci: paesaggio, ambiente, architettura / Christian Norberg- Schulz, Electra, Milano, 1992, prefazione.

Stabilire l'integrazione di un progetto con un determinato contesto o luogo è una questione soggettiva. Non esistono dei criteri standard e oggettivi condivisibili da tutti, per puntualizzare le caratteristiche che un nuovo elemento architettonico (edificio, infrastruttura, servizio) deve avere per rispecchiare quel determinato luogo e quella determinata cultura. Le proposte teoretiche di diversi architetti, riguardo a questo argomento, si basano sulle sensazioni che l'uomo ha quando si trova in uno spazio costruito. Un esempio può essere l'opinione dell'architetto Norberg-Schulz nel brano sopra citato, dove sostiene che *"l'uomo abita, se riesce ad orientarsi ed identificarsi con quell'ambiente".* Alcuni elementi architettonici possono essere considerati dall'opinione pubblica, più o meno integrati in un contesto o luogo per via di svariati fattori: la loro originalità, le sensazioni emotive che suscitano, le condizioni di comfort, il senso appartenenza, l'accostamento cromatico, l'utilizzo di materiali specifici al contesto e così via. Il pubblico, nella competizione Solar Decathlon, ha un ruolo importante.

63 https://ec.europa.eu/assets/jrc/events/20131129-eeb-roundtable/20131129-eeb-roundtable-rollet-mesureur.pdf

64 Per rilevanza oggettiva, in questo contesto, si intende l'opinione personale di chi esprime un giudizio sul progetto vincente tenendo conto delle caratteristiche architettoniche, tecnologiche, visive e così via.

Sino dalla prima edizione nel 2002, il pubblico ha potuto esprimere la sua opinione riguardo i progetti partecipanti e scegliere il preferito in base alle sensazioni che prova, quando si trova in quel determinato progetto oppure quando guarda quel determinato progetto. La competizione Solar Decathlon quindi dal 2002, ha elaborato un sistema di valutazione che si basa su dieci criteri. L'architettura, il primo criterio di ogni competizione, ha sempre occupato un posto di particolare rilevanza, in quanto essa riflette e/o condiziona il modo di vivere di chi la abita. L'undicesimo criterio ufficiale che, l'organizzazione ha messo a disposizione, riguarda l'opinione pubblica e si esplicita con l'attribuzione del premio People's Choice Award, al prototipo più votato dal pubblico. Attualmente, grazie alla tecnologia, il visitatore può essere anche virtuale ed esprimere il suo giudizio sui progetti partecipanti, attraverso il voto sui social network. I dati ufficiali delle competizioni Solar Decathlon organizzate dal 2002 al 2018, stimano più di 1 500 000 visite fisiche e oltre un miliardo e mezzo di visite on line.[63] Partendo da queste considerazioni, il parametro "Integrazione con il contesto culturale" si basa sull'opinione pubblica; sulla scelta che il pubblico fa riguardo i progetti concorrenti, in totale indipendenza dalla classifica ufficiale della competizione. Nelle analisi, sotto questo parametro, viene indicato se il progetto è o non è vincitore del premio; il numero totale dei voti e nel caso il progetto vincente della rispettiva edizione non coincide con il vincente del premio People's Choice Award, è specificato il nome del progetto, della squadra e la posizione di quest'ultimo nella classifica ufficiale. Per rafforzare l'idea e la giustificazione del perché della scelta del pubblico, è indicato un esempio del commento del pubblico di maggiore rilevanza oggettiva.[64] Come per i parametri sopra descritti anche l'Integrazione con il contesto culturale" è rappresentato graficamente.



7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

65 La regione sub Sahariana dell'Africa, espressione utilizzata nelle statistiche delle istituzioni dell'ONU, comprende tutti i paesi dell'Africa situati al sud del Deserto di Sahara, escluso il Sudan.

66 Off-grid systems indica una tipologia di sistema indipendente che produce energia elettrica e che non è collegato alla rete elettrica; tipicamente alimenta singole abitazioni. Ad oggi questo mercato è dominato da generatori diesel e impianti solari fotovoltaici (impianti solari domestici).

"L'accesso all'energia è il "filo conduttore" che intreccia crescita economica, sviluppo dell'umanità e sostenibilità ambientale. L'energia è stata a lungo riconosciuta come essenziale per lo sviluppo e la prosperità dell'umanità, ma l'adozione nel 2015 da parte di 193 paesi dell'obiettivo di garantire a tutti l'accesso a un'energia accessibile, sicura, sostenibile e contemporanea entro il 2030, come parte dei 17 obiettivi di Sviluppo Sostenibile SDGs (Sustainable Development Goals) delle Nazioni Unite, ha segnato un nuovo livello di riconoscimento politico. L'energia è anche al centro di molti altri obiettivi di sviluppo sostenibile, compresi quelli relativi alla parità di genere, alla riduzione della povertà, al miglioramento della salute e al cambiamento climatico. Le statistiche mostrano che il numero delle persone a livello mondiale, senza l'accesso all'elettricità è sceso a 1,1 miliardo nel 2016. Una delle situazioni più critiche a livello di accesso di elettricità, è rappresentata dalla regione sub Sahariana dell'Africa[65] che, nonostante la tendenza positiva all'elettrificazione del territorio, presenta ancora dei livelli disomogenei e ad oggi ci sono circa 588 milioni di persone senza l'accesso all'elettricità, rispetto a 518 milioni nel 2000. In questo contesto l'energia proveniente da fonti rinnovabili e distribuita attraverso sistemi decentralizzati (off-grid systems[66] e mini-grid systems[67]) si mostra economicamente più vantaggiosa e più diffusa nelle zone remote e inaccessibili rispetto al sistema di distribuzione attraverso le reti elettriche, grid connections, utilizzato nelle aree urbane ad alta densità." (Energy Access Outlook 2017; from poverty to prosperity)[68]

67 Mini-grid systems indica una tipologia di reti elettriche localizzate, di solito prive di infrastrutture per la trasmissione di energia elettrica al di fuori della loro area di servizio. Le mini-reti sono alimentate da tecnologie di generazione modulare come il sistema fotovoltaico, le turbine eoliche, i piccoli impianti idroelettrici e i generatori diesel.

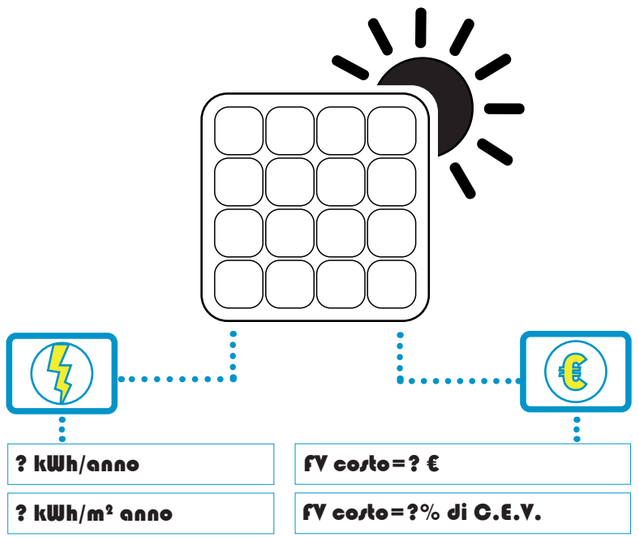
68 https://webstore.iea.org/download/summary/274?fileName=English-Energy-Access-Outlook-2017-ES.pdf

69 https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35297.pdf

70 Nel calcolo del rendimento kWh/kWp annuo, viene considerato l'irraggiamento solare corrispondente al sito della competizione Solar Decathlon.
L'irraggiamento solare è l'energia per unità di aria proveniente direttamente o indirettamente dal Sole e si misura in kWh/m² o MJ/m². Fonte: (ftp://ftp.polito.it/people/Minas/2%20-%20radiazione%20solare.pdf); https://viterbischool.usc.edu/wp-content/uploads/2016/12/StatusPV2008.pdf;

71 BIPV (Building Integrated Photo Voltaic) corrisponde all'acronimo italiano FAI (Fotovoltaico architettonicamente integrato) e fa riferimento a una nuova concezione della costruzione edilizia, dove i componenti perimetrali dell'edificio (rivestimento delle facciate, superfici vetrate, materiali per il rivestimento del tetto etc.) non svolgono più solo una funzione di protezione dalle condizioni ambientali esterne, ma producono anche energia elettrica grazie all'incorporazione di celle fotovoltaiche.

Gli studi stimano che l'energia proveniente da fonti rinnovabili fornirà il 30% della domanda di energia elettrica nel 2023 rispetto al 24% del 2017 con un aumento dell'installazione degli impianti fotovoltaici del 4%. La competizione Solar Decathlon nasce con l'obiettivo di promuovere la conoscenza, l'integrazione e l'utilizzo delle strategie di produzione di energia da fonti rinnovabili, in particolare da fonte solare, come unica modalità di alimentazione energetica per il funzionamento della casa. Tutti gli elettrodomestici, le apparecchiature elettroniche, gli impianti di riscaldamento e raffrescamento sono alimentati dall'energia prodotta dal sistema fotovoltaico installato sull'area perimetrale della casa. La produzione di acqua calda è invece assicurata da sistemi solari. La competizione inoltre mostra particolare attenzione alle modalità innovative proposte dai team nell'integrare gli impianti fotovoltaici al design della casa. L'intento è di incentivare un nuovo modo di costruire, dove il rivestimento esterno dell'edificio non ha solo il ruolo di proteggere dalle intemperie, ma anche di produrre energia. Data l'importanza dell'energia in un periodo storico in cui lo sviluppo economico si basa sulla tecnologia elettronica, il parametro "Impianto fotovoltaico" è diventato uno strumento di analisi per i 15 progetti vincitori Solar Decathlon dal 2002 al 2018. Esso esprime le principali caratteristiche dell'elemento dominante la competizione, l'energia da fonte solare. Il parametro si suddivide in cinque sotto parametri: rendimento kWh/kWp annuo[69] indica la stima dei kilowattora annui che potrebbe produrre l'impianto fotovoltaico proposto dal team con un irraggiamento solare kWh/kWp annuo[70] corrispondente al sito in cu avviene la competizione. Nel calcolo non è considerata anche l'energia prodotta dai pannelli solari per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria; produzione energetica kWh/m²anno indica la quantità di energia elettrica disponibile all'utente per unità di superficie netta del prototipo; costo estimativo FV, questo dato indica il costo estimativo dell'impianto fotovoltaico e la sua incidenza in percentuale sul costo estimativo di vendita della casa; il posizionamento dell'impianto fotovoltaico specifica la strategia di integrazione che il team ha adottato per l'installazione, quindi se il team adopera pannelli fotovoltaici BIPV *(Building Integrated Photo Voltaic)*[71]; certificazione specifica se l'impianto fotovoltaico proposto dal team è certificato a livello ambientale attraverso una tipologia di certificazione accreditata. Il parametro è rappresentato attraverso uno schema grafico che racchiude le informazioni principali tra cui rendimento energetico, produzione energetica, costo estimativo e percentuale di incidenza del costo dell'impianto fotovoltaico sul costo estimativo di vendita.



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

"Nel 2018 due terzi dei paesi non avevano codici energetici obbligatori per l'edilizia, il che significa che l'anno scorso sono stati costruiti più di 3 miliardi di m² senza requisiti prestazionali obbligatori. Per essere in linea con la SDGs (Sustainable Development Goals) delle Nazioni Unite, entro il 2030 tutti i paesi devono inserire nei loro quadri normativi nuove direttive per l'efficienza energetica degli edifici. Le nuove costruzioni ad alte prestazioni devono passare da 250 milioni di m² a 4 miliardi di m² e il rinnovamento ad alta efficienza energetica del patrimonio immobiliare esistente deve raddoppiare per arrivare almeno al 30-50% del miglioramento del consumo energetico." (IEA-Building envelopes)[72]

Gli edifici ad alte prestazioni, come gli edifici a energia quasi zero, nZEBs, rappresentano in genere meno del 5% delle costruzioni nella maggior parte dei mercati immobiliari odierni, ma le loro caratteristiche prestazionali sono fondamentali per raggiungere gli obiettivi prefissati: zero emissioni nette operative entro il 2030 e 100% di edifici a zero emissioni nette di carbonio entro il 2050.
Ridurre il consumo di energia dovuta al riscaldamento ed il raffrescamento è una prerogativa per l'edilizia residenziale. L'efficienza energetica di un edificio può essere raggiunta attraverso una buona progettazione e l'integrazione di sistemi attivi e strategie passive (ad esempio l'uso di schermature solari per ridurre l'irraggiamento estivo, il buon orientamento dell'edificio, l'uso di isolante per le partizioni perimetrali, l'utilizzo dell'inerzia termica) per contribuire al comfort dell'utente pur mantenendo un basso consumo energetico.
Il parametro "Condizioni di comfort" utilizzato per analizzare i 15 Solar Decathlon dal 2002 al 2018 descrive le strategie passive e attive applicate ai prototipi vincenti. Questo dato consente di verificare come i team vincenti hanno utilizzato le strategie passive per ridurre il consumo energetico in termini di riscaldamento e raffrescamento dell'edificio

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

"L'acqua è al centro dello sviluppo sostenibile. Le risorse idriche, e la gamma di servizi che esse forniscono, sono alla base della riduzione della povertà, della crescita economica e della sostenibilità ambientale. Dalla sicurezza alimentare ed energetica alla salute umana e ambientale, l'acqua contribuisce a migliorare il benessere sociale e la crescita inclusiva, incidendo sulla sussistenza di miliardi di persone." (Water for a sustainable world, 2015)[73]

"Gli studi dimostrano che l'uso dell'acqua a livello mondiale è aumentato del 1% l'anno a partire dal 1980 a causa della crescita demografica, dello sviluppo socio-economico e del cambiamento dei modelli di consumo. Si prevede che la domanda mondiale di acqua continui ad aumentare ad un ritmo simile fino al 2050, con un incremento del 20-30% rispetto all'attuale livello di utilizzo dell'acqua. Questo è dovuto principalmente all'intensificarsi dei settori industriale e domestico. Oltre 2 miliardi di persone vivono in paesi che soffrono di un forte stress idrico e circa 4 miliardi di persone soffrono di una grave carenza idrica per almeno un mese all'anno. I livelli di stress continueranno ad aumentare con l'aumento della domanda di acqua e l'intensificarsi degli effetti del cambiamento climatico." (Leaving no one behind, 2019)[74]

Attualmente oltre il 54% della popolazione risiede in centri urbani di varie dimensioni e le principali sfide che riguardano l'accesso e la gestione dell'acqua si verificano nelle città. La tendenza che si prospetta per i prossimi decenni è la continua espansione dei centri urbani ad alta densità demografica con conseguente richiesta e consumo dell'acqua. Lo scopo delle analisi è cercare di capire come le nuove generazioni di case affrontano i principali problemi, consumo del suolo, di energia, accessibilità economica etc. causate dallo stile di vita odierno. La questione acqua diventa una questione vitale in quanto gli esseri viventi non possono sopravvivere senza questa risorsa naturale. Imparare a preservarla diventa una prerogativa per la sopravvivenza della specie. I prototipi partecipanti alle competizioni Solar Decathlon propongono spesso strategie che riguardano, la raccolta, il riutilizzo e la gestione dell'acqua. Il parametro "Acqua" utilizzato per analizzare i 15 Solar Decathlon dal 2002 al 2018 descrive come ognuno di questi team ha affrontato, nella progettazione e nella costruzione, questa tematica così fondamentale per lo sviluppo sostenibile e la sopravvivenza.

72 https://www.iea.org/tcep/buildings/buildingenvelopes/

73 The United Nations World Water Development Report 2015. Fonte: (https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1711Water%20for%20a%20Sustainable%20World.pdf)

74 https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/

10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

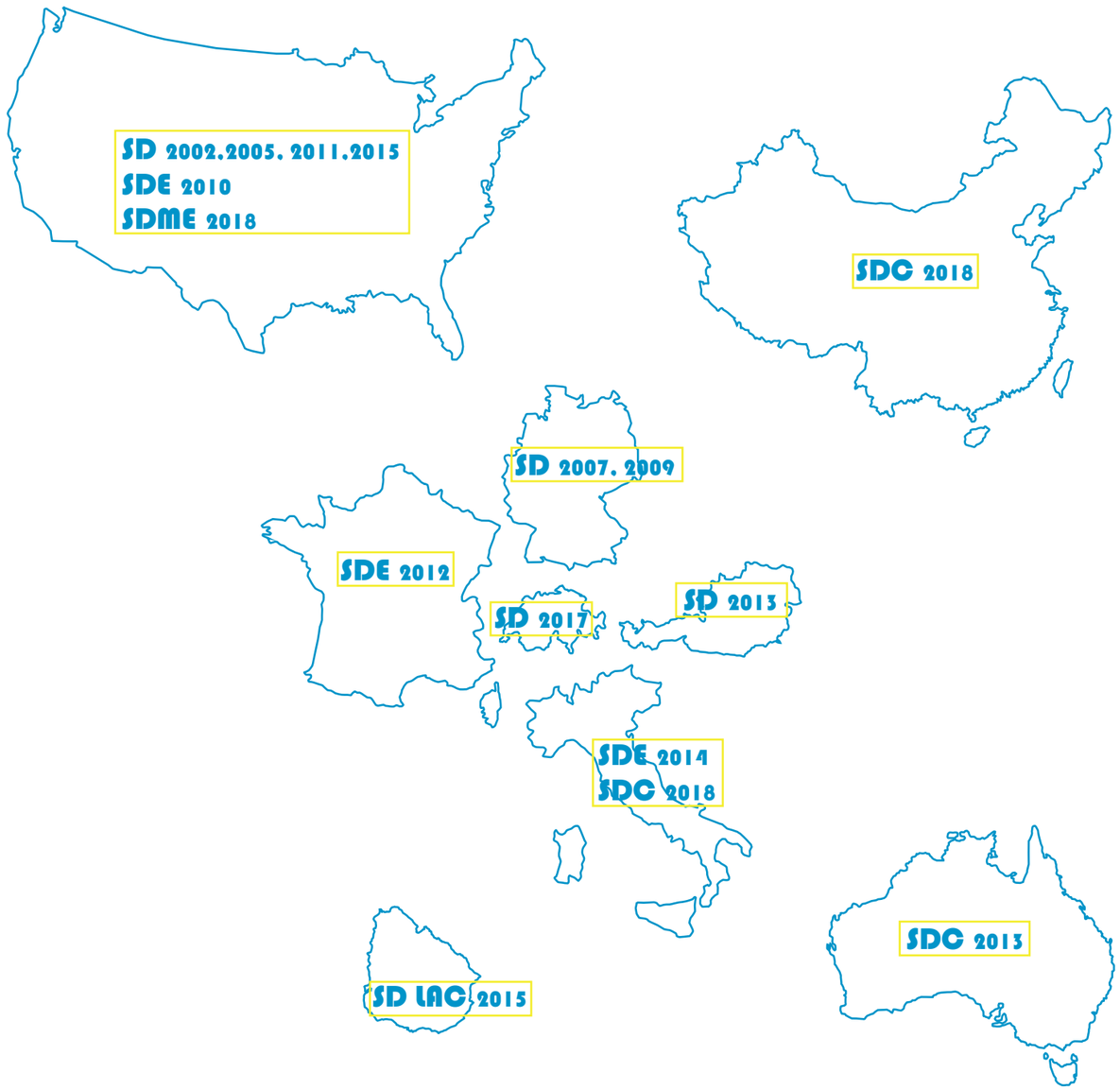
"Nel 2015 solo 2,9 miliardi di persone nel mondo (ovvero il 39% della popolazione mondiale) hanno utilizzato servizi igienico-sanitari individuali e non in condivisione con altre famiglie, […] impianti di risciacquo/lavaggio dei liquami nelle reti fognarie, nelle fosse settiche o nelle latrine a fossa, latrine ventilate a una fossa, toilette di compostaggio o latrine a fossa pavimentate. Due su cinque di queste persone (1,2 miliardi) vivevano in zone rurali. Altri 2,1 miliardi di persone avevano accesso a servizi igienico-sanitari "di base" (uso di strutture migliorate non condivise con altre famiglie). I restanti 2,3 miliardi (una persona su tre) non avevano nemmeno un servizio igienico di base, di cui 892 milioni di persone praticavano ancora la defecazione all'aperto." (Leaving no one behind, 2019)[75]

La mancanza di servizi igienico-sanitari adeguati comporta l'aumento e la diffusione delle malattie. Tenendo in considerazione che 2,3 miliardi di persone nel mondo mancavano di questi servizi base nel 2015, nei prossimi decenni questo dato tenderà ad aumentare a causa dell'incremento demografico e dell'urbanizzazione incontrollata che si prospetta soprattutto nei Paesi in via di sviluppo. Trovare soluzioni che possano adattarsi a questi contesti diventa uno dei 17 obiettivi dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. I progetti Solar Decathlon sono una fonte preziosa di informazioni e soluzioni. Tutti i team partecipanti soffermano le loro attenzioni progettuali sugli aspetti che caratterizzano la sostenibilità intesa in senso lato. La questione gestione dei rifiuti di tipo fognario e organico è spesso trattata con grande interesse e approfondimento. Alcuni progetti incorporano nuove strategie e tipologie di toilette di compostaggio a secco, facilmente trasportabili e componibili. Nell'ottica della necessità di nuove proposte di gestione dei rifiuti organici, adattabili a qualsiasi contesto, accessibile, facile da trasportare e componibile è utilizzato il parametro "Gestione dei rifiuti organici". Attraverso di esso si cerca di descrivere, dove previsto, la nuova tipologia di compostaggio dei rifiuti fognari in sostituzione dei sistemi di depurazione centralizzati e delle fosse settiche.

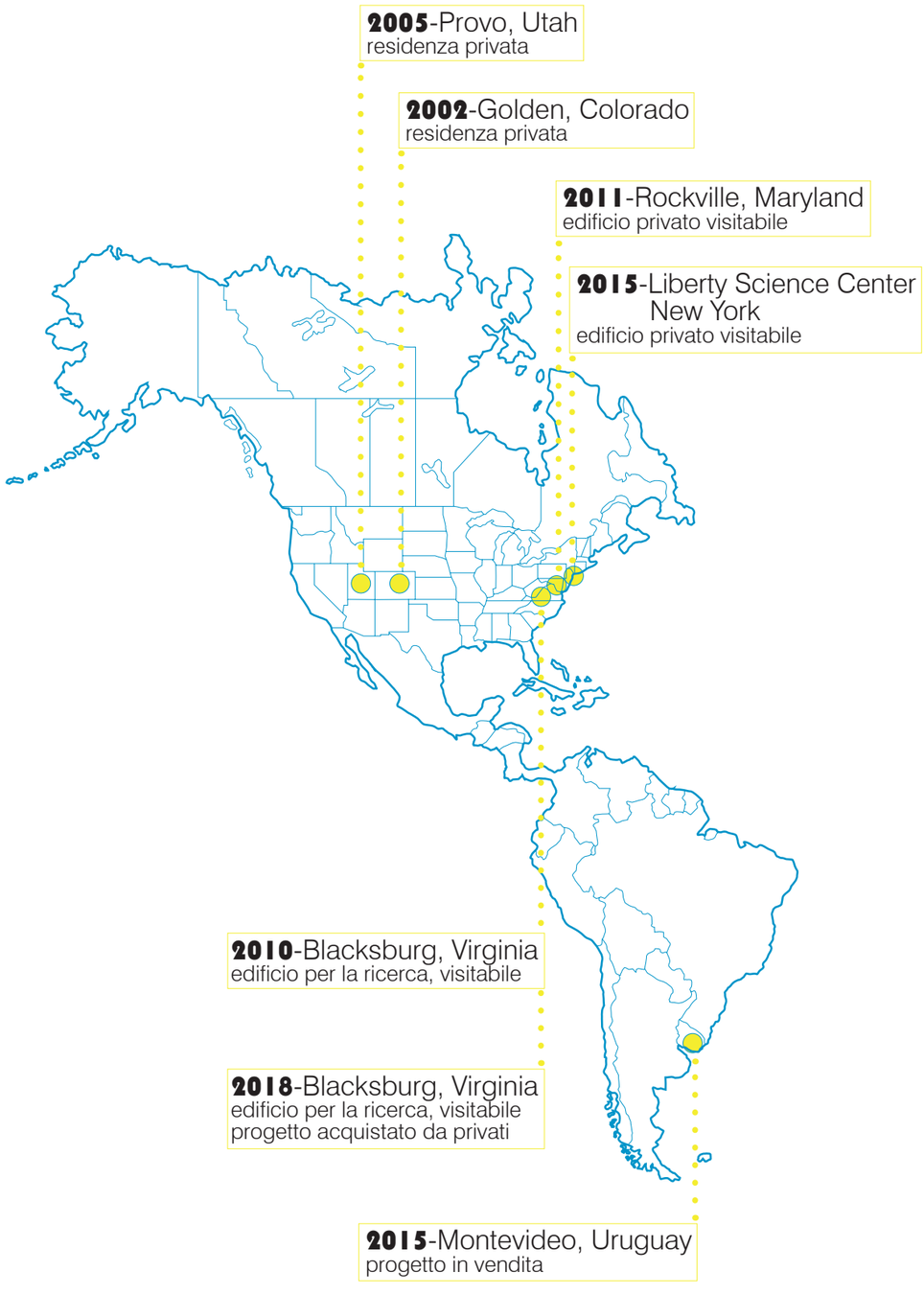
75 https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/

PARTE III

ANALISI PROGETTI VINCITORI SD



Progetti Vincitori edizioni 2002 - 2018
Posizionamento attuale



2005-Provo, Utah
residenza privata

2002-Golden, Colorado
residenza privata

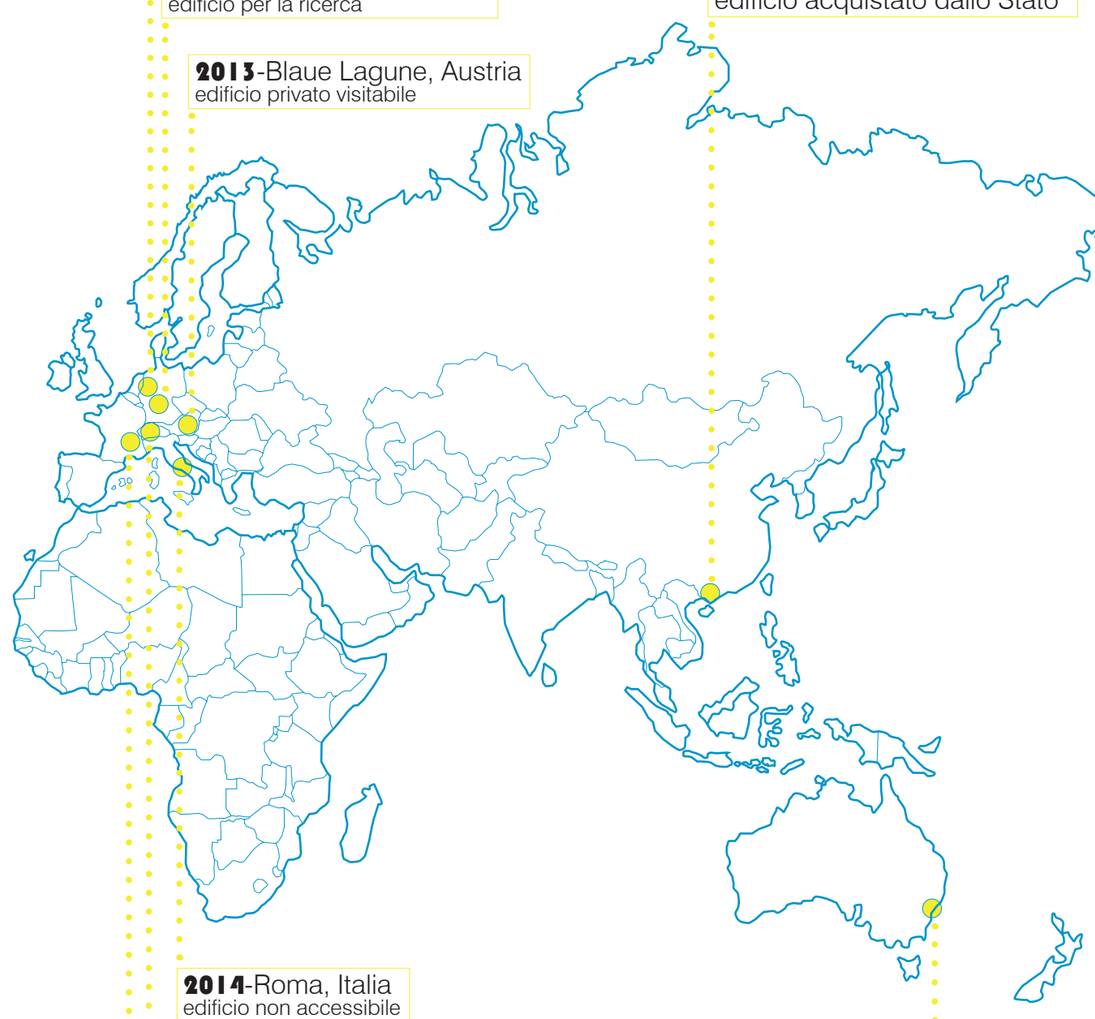
2011-Rockville, Maryland
edificio privato visitabile

2015-Liberty Science Center
New York
edificio privato visitabile

2010-Blacksburg, Virginia
edificio per la ricerca, visitabile

2018-Blacksburg, Virginia
edificio per la ricerca, visitabile
progetto acquistato da privati

2015-Montevideo, Uruguay
progetto in vendita



2007-Dortmund, Germania
edificio fuori uso

2009-Darmstadt, Germania
edificio per la ricerca

2013-Blaue Lagune, Austria
edificio privato visitabile

2018-Guangzhou,Guangdong
edificio acquistato dallo Stato

2014-Roma, Italia
edificio non accessibile

2017-Friburgo, Svizzera
edificio per la ricerca

2012-Grenoble Francia,
edificio per la ricerca

2013-Wollongong, Australia
edificio per la ricerca, visitabile

Capitolo 1.
Analisi progetti vincitori

Premessa

Le squadre classificate nella graduatoria ufficiale del Solar Decathlon per cui è stata proposta la candidatura, sono tenute a seguire un iter che riguarda fasi intermedie di preparazione e sviluppo della documentazione necessaria per costruire il prototipo, definite *Deliverables*. Ogni squadra fornisce all'organizzazione, entro le scadenze definite indicate nel regolamento ufficiale o comunicate al *Project Manager*, consegne intermedie che riguardano fase di sviluppo sempre più avanzate e dettagliate del prototipo partecipante. La documentazione richiesta consiste in disegni architettonici di diverse scale, concept progettuale, obiettivi del team, target di riferimento, disegni tecnici ed impiantistici, informazioni dettagliate sugli elettrodomestici e sul loro funzionamento, sugli elementi di arredo, sugli elementi costruttivi, calcoli strutturali e certificazione da approvare da parte di studi professionali, elenco dettagliato delle fasi costruttive e delle tempistiche, oltre a documentazioni aggiuntive collegate all'ambito delle certificazioni di sostenibilità. Tutte queste informazioni sono elaborate dai team in due documenti ufficiali *Project Manual* e *Design Manual*. Essi sono caricati sul sito ufficiale della rispettiva competizione per cui si è presentata la candidatura e resi pubblici e consultabili dopo il periodo espositivo.

Le analisi riguardanti i progetti vincitori fanno riferimento ai dati riportati in ogni *Project Manual* e *Design Manual* e altri documenti ufficiali forniti dal team vincitore e pubblicati sui sito ufficiale delle rispettive edizioni e sui siti ufficiali delle squadre partecipanti. Nel caso in cui i *Project Manual* e i *Design Manual* non siano stati reperibili sul sito ufficiale della Solar Decathlon, si è fatto riferimento ai siti ufficiali del team e agli articoli pubblicati inerenti al progetto.

Per rendere più comprensibile la lettura delle analisi nell'ambito energetico e della sostenibilità edilizia e delle conversioni di valuta, di seguito sono riportate delle definizioni di alcuni termini tecnici o abbreviazioni riguardanti questi ambiti.

Ambito energetico[1]
Kilowatt picco=esprime la potenza teorica massima di un modulo fotovoltaico in determinate condizioni standard di temperatura e irraggiamento solare. Le condizioni stabilite dalla norma IEC 904-3 del 1989per determinare il valore del kWp sono: 25 °C di temperatura, radiazione di 1.000 W/m2 e posizione del sole a 1,5 AM (AM sta per Optical Air Mass). La potenza "di picco" complessiva dell'impianto fotovoltaico è pari alla somma della potenza nominale dei singoli pannelli che vengono collegati. La potenza nominale dell'impianto è il risultato della moltiplicazione della potenza del singolo pannello per il numero dei pannelli dell'impianto. Ad esempio: 10 pannelli da 300 Watt fanno un impianto da 3.000 Watt (3 Kw).

Kilowattora= è l'unità di misura con cui viene conteggiata l'energia elettrica ed è equivalente al lavoro compiuto da una macchina che sviluppi una potenza costante di 1 kilowatt (cioè 1000 watt) per una durata di un'ora.

Ambito sostenibilità edilizia[2]
Etichettatura Ambientale di tipo I che si basa sulla Normativa ISO 14 024
Tipo I - è un'etichetta del tipo B2C *(Business to Consumer)* in quanto indirizzata all'utilizzatore finale. Queste etichette sono basate su un sistema che considera diversi criteri in modo da poter valutare l'intero ciclo di vita di un prodotto. Per ottenere questo tipo di etichetta è necessaria la certificazione di un ente terzo e indipendente che certifica l'applicazione dei criteri previsti dalla norma, diversi a seconda della categoria a cui appartiene il prodotto, i quali fissano valori soglia da rispettare. Tali etichette hanno lo scopo di dare indicazione ai consumatori finali delle migliori prestazioni ambientali di un prodotto facente parte di una particolare categoria.

PEFC (*Programme for Endorsement of Forest Certification schemes)* – è una tipologia di Etichettatura Ambientale di tipo I che prevede una procedura di verifica riconosciuta e collaudata che conduca all'emissione, da parte di un organismo indipendente, di un

1 IRENA (International Renewable Energy Agency), Solar Photovoltaics. Renewable energy technologies: cost analysis series. Volume 1, Power Sector Issue 4/5, 2012. Fonte: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/re_technologies_cost_analysis-solar_pv.pdf

2 L.A.C.Re. Local Aliance for Climate Responsibility, PARTNERSHIP LOCALE PER LA PROTEZIONE DEL CLIMA. Introduzione ai marchi ed etichette ambientali e climatiche. Questo documento è stato realizzato nell'ambito del progetto LIFE07ENV/IT/000357-LACRe. Fonte: www.lacre.eu

certificato che attesta che le forme di gestione boschiva rispondono a determinati requisiti di "sostenibilità". È utilizzata in caso di proprietà forestali di piccoli dimensioni.

FSC (*Forest Stewardship Council)* - Il marchio FSC identifica i prodotti contenenti legno proveniente da foreste gestite in maniera corretta e responsabile secondo rigorosi standard ambientali, sociali ed economici stabiliti ed approvati dal *Forest Stewardship Council* a.c. tramite la partecipazione ed il consenso delle parti
5interessate. La foresta di origine viene controllata e valutata in maniera indipendente in conformità a questi standard (principi e criteri di buona gestione forestale).

Natureplus - I prodotti Natureplus sono composti per almeno l'85% da materie prime minerali o rinnovabili. Non contengono materie nocive per l'ambiente e la salute. La produzione, la lavorazione e lo smaltimento avvengono utilizzando sostanze poco tossiche. Il gruppo dei promotori di Natureplus è composto da rappresentanti di sette Paesi europei: Germania, Austria, Svizzera, Italia, Paesi Bassi, Belgio e Lussemburgo. Inoltre, il marchio riceve l'appoggio del WWF *(World Wide Fund for Nature)*, delle associazioni dei consumatori, dei produttori e dei rivenditori. L'etichettatura è specifica per i prodotti edili e fa capo all'Associazione Internazionale per il Costruire e l'Abitare sostenibili all'interno della quale convergono: istituti di certificazione, associazioni ambientaliste, associazioni di consumatori, enti sostenitori della bioedilizia, sindacati, produttori, rivenditori, imprese e progettisti.

Etichettatura Ambientale di tipo III che si basa sulla Normativa ISO 14 025
Tipo III - sono etichette ecologiche che riportano dichiarazioni basate su parametri stabiliti e che contengono una quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto calcolato attraverso un sistema LCA. Sono sottoposte a un controllo indipendente e presentate in forma chiara e confrontabile. Tra di esse rientrano, ad esempio, le "Dichiarazioni Ambientali di Prodotto" (DAP in italiano, EPD in inglese), regolate da una norma ISO ad hoc (ISO 14025). In particolare la DAP è un documento con il quale si comunicano informazioni oggettive, confrontabili e credibili relative alla prestazione ambientale di prodotti e servizi. Tali informazioni hanno carattere esclusivamente informativo, non prevedendo modalità di valutazione, criteri di preferibilità o livelli minimi che la prestazione ambientale debba rispettare. Oggettività, confrontabilità e credibilità sono, pertanto, le caratteristiche principali sulle quali si basano le dichiarazioni. Per questo motivo è previsto che un organismo accreditato e indipendente verifichi e convalidi la metodologia applicata per l'analisi (in accordo con la norma ISO 14040) e garantisca la veridicità delle informazioni contenute nello studio del ciclo di vita e nella dichiarazione ambientale di prodotto.

EPD *(Environmental Product Declaration)* - produce un documento tecnico-informativo in grado di comunicare in modo univoco ed efficace informazioni ambientali certificate riguardo alla sostenibilità dei prodotti. Stabilisce l'uso della ISO 14040 *(Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework)* e fornisce dati quantitativi sul profilo ambientale di un prodotto, calcolati secondo le procedure di LCA *(Life Cycle Assessment)* ed espressi tramite indicatori di impatto.

Conversioni di valuta
I costi di vendita del prototipo, il *budget* iniziale disponibile di ogni *team* e i costi dell'impianto fotovoltaico sono stati convertiti in euro, con riferimento alla media del cambio annuo dollaro americano o altre monete di cambio-euro del rispettivo anno di partecipazione. Il fine è di rendere paragonabili tra loro i costi che le squadre vincenti devono affontare per poter partecipare, costruire e trasportare il prototipo e capire quanto l'aspetto economico influisce sul risultato finale. Il sito ufficiale di cambio storico[3] è uguale per tutti i progetti. Nel caso in cui si fa riferimento ad un sito diverso, esso è specificato nelle note.

3 https://fxtop.com/it/tassi-cambio-storici.php

Progetti vincitori SD USA
dal 2002 al 2017

2002 – Progetto BASE+concept
Team CU - University of Colorado at Boulder

Fonte immagine: https://www.thoughtco.com/thmb/lXrO5HrTvzLM3rcUa4lLHSeHTlk=/1599x1066/filters:no_upscale():max_bytes(150000):strip_icc()/solar-2002-BoulderCO-DOE11858-crop-5967dfdb3df78c57f4995cb2.jpg

Website di riferimento:
http://solar.colorado.edu/2002/
https://www.solardecathlon.gov/past/2002/team_colorado.html

Budget totale: 400 000 $[4] (circa 424 377 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2002). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 5 000 $.

Obiettivo del team: è di realizzare una casa solare esteticamente appetibile, energeticamente efficiente, attenta all'ambiente e che rispetti gli standard dello stile di vita moderno americano. Il team ricorre all'utilizzo di tecnologie d'avanguardia, per fornire una risposta sostenibile alle crescenti sfide ambientali dell'edilizia residenziale di massa. Il design della casa BASE+ non segue una specificità di contesto, piuttosto si adatta a qualsiasi sobborgo americano.

Concept progettuale: si basa sull'accettabilità dell'pubblico, l'accessibilità economica, la disponibilità di mercato e produzione in serie dell'oggettistica per la casa. Lo sviluppo del design architettonico modulare si basa sul minimizzare l'uso dell'energia, ridurre la produzione di rifiuti, promuovere l'educazione, creare un design appetibile su larga scala, e promuove la rapidità di costruzione.

Dov'è ora il progetto: il progetto è stato acquistato nel 2003 dal Dr. Larson (il primo scienziato del *Solar Energy Research* Institute attualmente *National Renewable Energy Laboratory*) ed è stato inglobato in una residenza di 250 m^2 a Golden, Colorado. Del prototipo originale sono stati conservati i pannelli fotovoltaici, i collettori solari a tubi sottovuoto, il serbatoio dell'acqua calda sanitaria da 4546, 09 L così come gli elettrodomestici, gli impianti di illuminazione e i mobili. Anche le batterie originali sono ancora utilizzate per immagazzinare energia prodotta.

Risultati della competizione e del Team CU

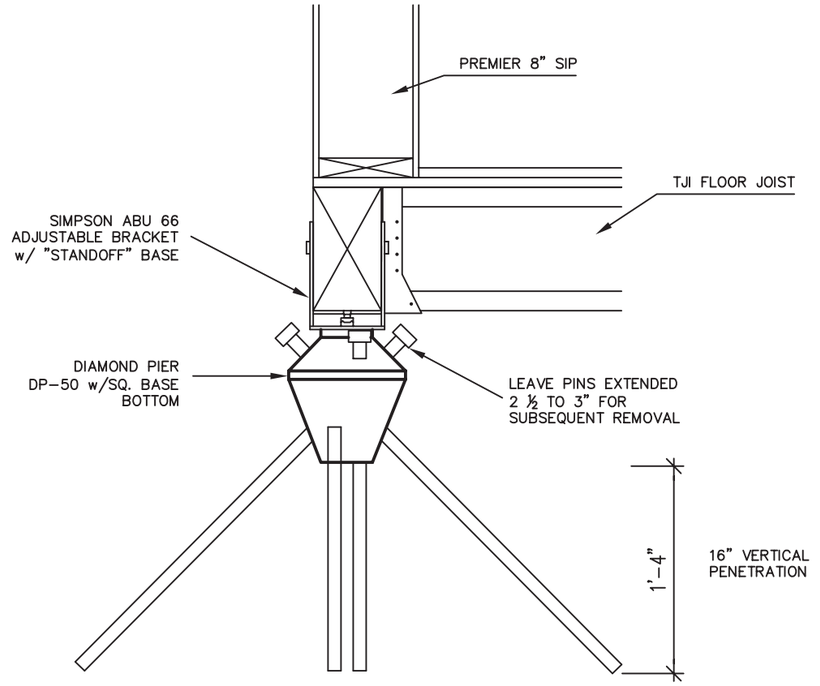
Tabella A: Classifica generale SD 2002

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	University of Colorado	875,3
2°	University of Virginia	849,52
3°	Auburn University	840,33
4°	University of Maryland	777,92
5°	Virginia Polytechnical Institute and State University	777,9
6°	Crowder College	725
7°	University of PuertoRico	712,22
8°	University of Texas at Austin	709,33
9°	University of Missouri-Rolla	652,24
10°	University of Delaware	543,45
11°	Tuskegee University	513,38
12°	Carnegie Mellon	502,02
13°	University of North Carolina at Charlotte	251,96
14°	Texas A&M University	122,8

Tabella A.1 : Squadra vincente SD 2002.
Classifica e punteggio per ogni criterio

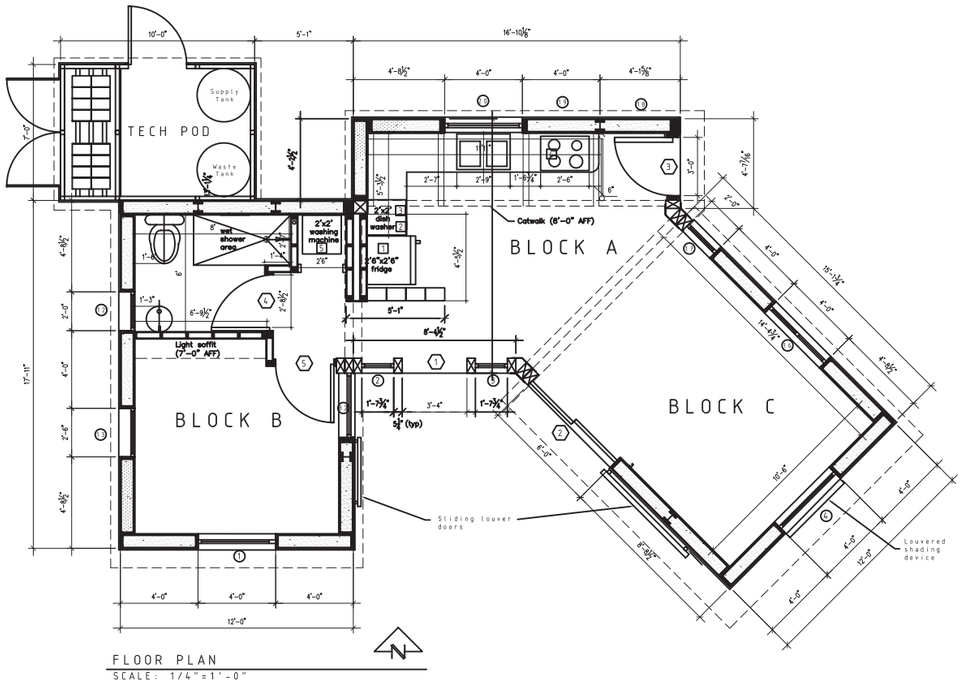
10 Criteri SD 2002	Classifica	Punteggio totale
1.Design e Vivibilità	5°	134,46
2.Presentazione e Simulazione	5°	65,9
3.Grafica e Comunicazione	1°	93,08
4.Zona comfort	1°	84,42
5.Refrigerazione	6°	59,62
6.Acqua calda	5°	77,69
7.Bilancio energia energetica	1°	100
8.Illuminazione	3°	90,13
9.Lavorare da casa	3°	85,38
10.Spostarsi	3°	84,62

Dettaglio tecnologico



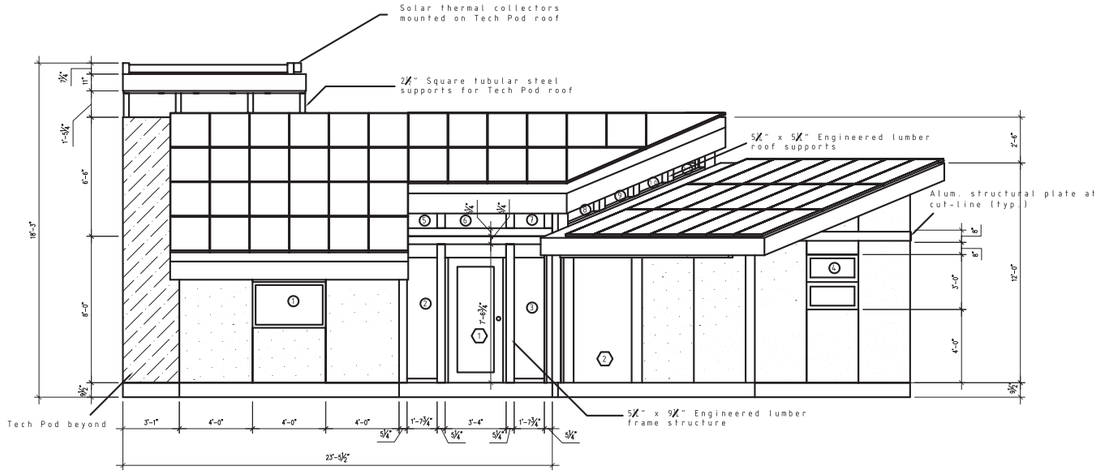
FLOOR AND PIN FOUNDATION DETAIL
SCALE: 1" = 1'-0"

Pianta piano terra



FLOOR PLAN
SCALE: 1/4"=1'-0"

Sezione Sud



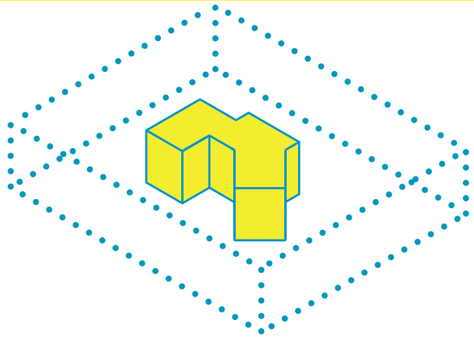
SOUTH ELEVATION
SCALE: 1/4"=1'-0"

1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

4 University of Colorado Boulder, CU-Boulder Solar Decathlon Team To Unveil Solar Home Design, 2001. Fonte: https://www.colorado.edu/today/2001/12/06/cu-boulder-solar-decathlon-team-unveil-solar-home-design

Solar envelope: 510 m²
Superficie netta: 68,64 m²
Ambiente climatizzato: 62,25m²
Tipologia abitativa: residenziale - casa unifamiliare
Modularità urbana: Il *concept* della struttura prevede una modularità interna, ma non a livello urbano. Di conseguenza il progetto è un edificio singolo, di un piano e non viene prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2002

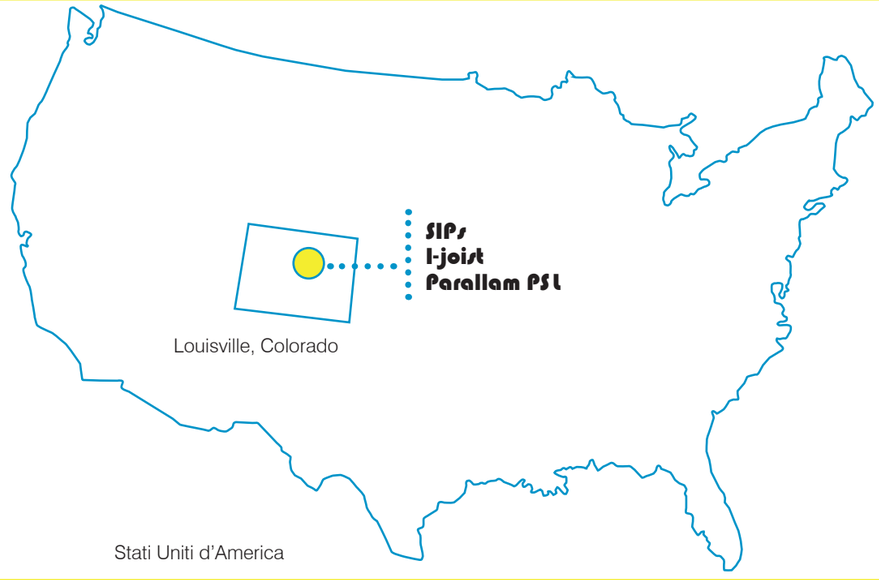


Solar envelope 510 m²
Superficie netta 68,64 m²
Superficie massima costruibile 74,32 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=92 .35%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

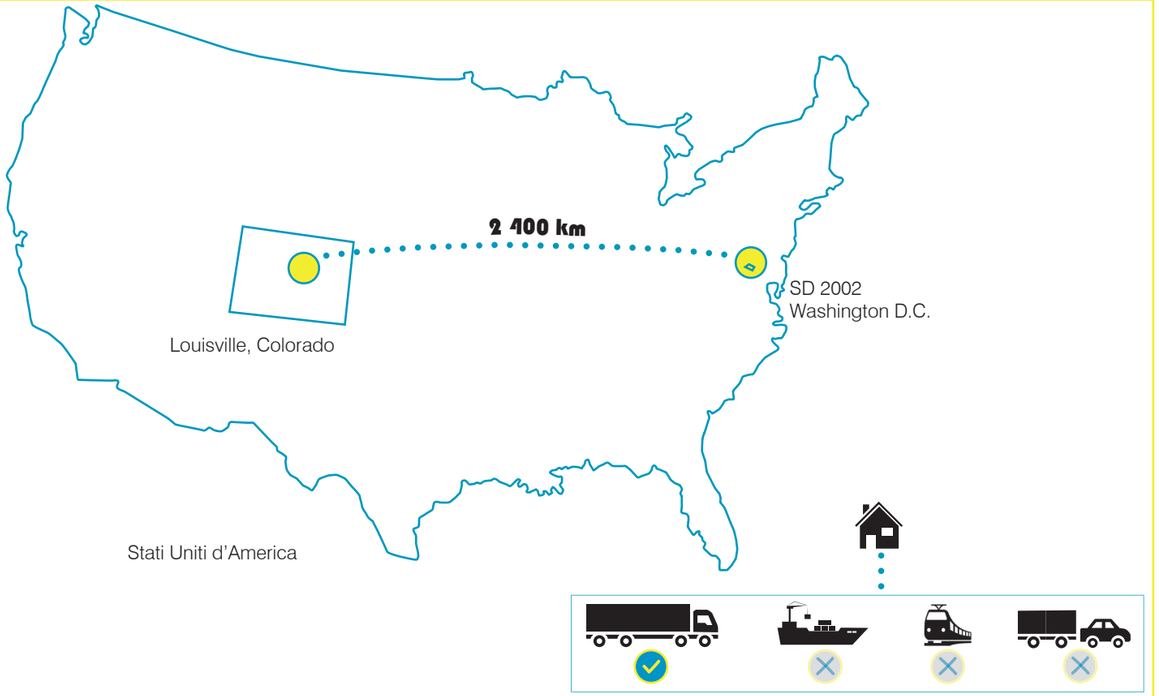
I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa sono i pannelli strutturali termoisolanti, SIPs *(Structural Insulated Panels)* composti da due starti di pannelli OSB (pannelli di scaglie di legno orientati) e uno strato di polistirolo espanso EPS, utilizzati nella realizzazione delle pareti esterne orizzontali e verticali; il legno lamellare per travi I-Joist in LVL (*Laminated Veneer Lumber* - Legno micro lamellare realizzato in piallacci incollati parallelamente) e OSB (*Oriented Strand Board*-Scaglie di legno incollate) ed i pilatri in Parallam PSL (*Parallel Strand Lumber*-Strati paralleli di piallacci).
SIPs
Tipologia: pannello strutturale termoisolante - azienda manifatturiera *Premier SIPS*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste degli Stati Uniti d'America; polistirolo prodotto negli Stati Uniti d'America
Certificazioni del prodotto: prodotto non certificato nel 2002
Legno lamellare
Tipologia: trave I-Joist con profilo a "I" - azienda manifatturiera *TrustJoist- Weyerhaeuser Company*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste degli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2002
Tipologia: trave e pilastro Parallam – azienda manifatturiera *PARALLAM ® PSL- Weyerhaeuser Company*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste degli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2002



3. Trasporto-distanza e tipologia

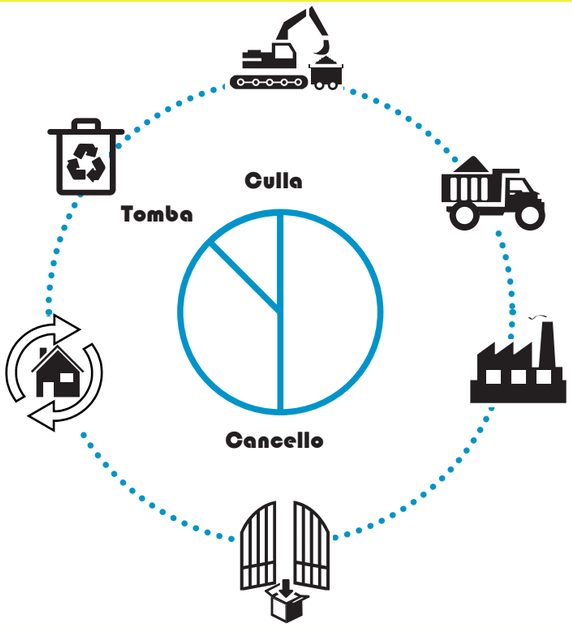
Il prototipo è costruito in un lotto del parcheggio *Home Depot store,* Louisville, Colorado. Successivamente viene assemblato in sette macro-moduli, connessi tra loro con bulloni. L'assemblaggio e lo smontaggio del prototipo si è verificato due volte per potere essere trasportato prima al *National Mall*, Washington D.C. (luogo della competizione Solar Decathlon) e ulteriormente trasportato al campus dell'*University of Colorado*, Boulder. La distanza percorsa dai camion contenenti i sette moduli prefabbricati, è di circa 4 800 km andata-ritorno da Louisville Colorado al *National Mall* Washington D.C. all'*University of Colorado.*

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2002



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Nessun elemento strutturale costruttivo è certificato LCA in quanto, questa tipologia di certificazione viene riconosciuta a livello internazionale dal 2006 con le norme ISO 14040 (Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento) e ISO 14044 (Valutazione del ciclo di vita, Definizione e Linee guida).



5. Accessibilità economica

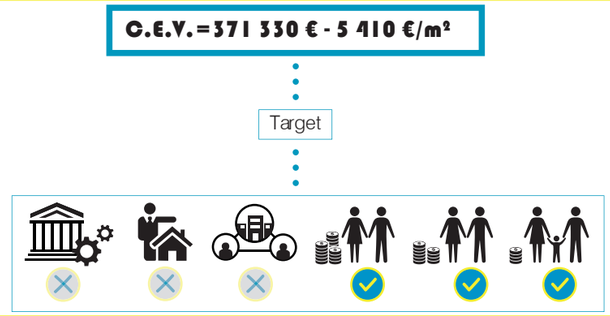
Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato da tutte le fasce della popolazione americana
Costo estimativo di vendita: circa 350 000 $ (circa 371 330 €) considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2002). Il prezzo di vendita mediano[5] delle case vendute negli Stati Uniti d'America nel 2002 oscilla tra 188 700 $ e 190 100 $.

5 FRED, Economic Research Federal Reserve Bank of St. Louis, Median Sales Price of Houses Sold for the United States, 2002. Fonte:https://fred.stlouisfed.org/series/MSPUS

6 SunShot US Department, Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections, 2012, p.3. Fonte: https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56776.pdf

7 FV è l'acronimo di impianto fotovoltaico.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2002

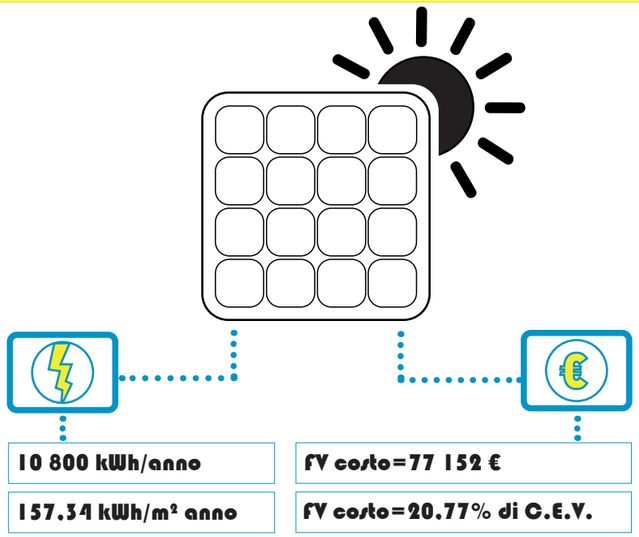


6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Non vincitore del *People's Choice Award*, Solar Decathlon 2002.
Totale dei voti: 3 230 voti per il vincitore del premio *People's Choice Award, Team Crowder College* (che occupa la posizione numero 6 nella classifica ufficiale Solar Decathlon su un totale di 14 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: *"This is an excellent opportunity to bring architecture and solar energy consevation to the public and a way to encourage this kind of thinking among the architects who will be building our future homes."*

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 63 pannelli fotovoltaici per un'area totale di 58,53 m² che producono un totale di energia di 7,2 kWp. Le limitazioni imposte dall'organizzazione SD riguardo agli impianti fotovoltaici, è un'area massima di 74,3 m² di superficie lorda e un costo massimo di 10 $/W. La squadra scegli l'impianto *Astropower* in quanto quest'azienda non è di proprietà di una compagna petrolifera o di qualche corporazione. Inoltre nel processo produttivo dei pannelli sono utilizzati scarti di silicio, dall'industria dei semiconduttori, come materia prima.
Rendimento kWh/kWp annuo: 10 800 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1 500 kWh/kWp annuo
Produzione energetica: kWh/m²anno: 157,34 kWh/m² anno
Costo estimativo FV: 72 720 $ (77 152 €) considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2002) per un totale di 7200 W. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto FV[7] nel settore residenziale nel 2002 stimato dal NREL *(National Renewable Energy Laboratory)* è di circa 10 $/W.[6] La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 20,77% .
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati sulla falda inclinata del tetto con un angolo di inclinazione di 22°, una inclinazione tipica dei tetti di case americane, ma non ottimale per la produzione di energia elettrica
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *Astropower AP 120* non sono provisti di certificazione nel 2002



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Il comfort interno è garantito dal sistema meccanico HVAC. Le strategie passive proposte dal team consistono nel controllo dell'irraggiamento solare estivo ed invernale attraverso l'utilizzo di *brise-soleil*, aggetti orizzontali e nella ventilazione naturale incrociata. Il concept del prototipo prende in considerazione il principio di casa passiva con un involucro isolante molto prestante, che porta ad una diminuzione della richiesta di energia per il riscaldamento.

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Non è prevista nessuna strategia di recupero o raccolta dell'acqua.

10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari. compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano. Non è prevista alcuna strategia di riutilizzo di alcun tipo di rifiuto organico.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2002

2005 – Progetto BioS(h)IP

Team CU - The Colorado team University of Colorado, Denver and Boulder

Fonte immagine: http://solar.colorado.edu/2005/images/misc/updates2005-10-15l.jpg

Website di riferimento:
http://solar.colorado.edu/2005/design/index.shtml
http://solar.colorado.edu/2005/
https://www.solardecathlon.gov/past/2005/team_colorado.html

Budget totale: 365 363 $ (circa 294 153 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2005). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 5 000 $.

Obiettivo del team: è di integrare materiali naturali e tecnologie innovative in un progetto di casa solare, modulare, ecologicamente sostenibile e accessibile al pubblico. Il prototipo che ne deriva è un'unità abitativa alimentata da energia solare, costruita con una gamma di materiali riciclati, locali, naturali oppure a basso o zero contenuto di petrolio. L'idea di basso o zero contenuto di petrolio è estesa anche al carburante utilizzato per il trasporto del prototipo da Colorado a Washington DC. Il biodiesel proposto dal team è ottenuto dagli scarti delle coltivazioni agricole e dall'olio di frittura usato.

Concept progettuale: è la semplicità organica; creare una casa del futuro, sperimentando materiali e tecnologie innovative a basso o zero contenuto di petrolio. Il prototipo si bassa su due concetti: la casa mobile, che utilizza elementi prefabbricati e mobili, industrializzati, leggeri ed economici e la sostenibilità ambientale che si traduce con l'utilizzo di pannelli strutturali innovativi BIO-SIP, prodotti da scarti e rifiuti organici (pannello sviluppato e brevettato dai componenti del team).

Dov'è ora il progetto: attualmente la casa si trova a Provo, Utah. È stata acquistata all'asta da un acquirente privato, nel 2010 per 27 222,98 $.

Risultati della competizione e del Team CU

Tabella B: Classifica generale SD 2005

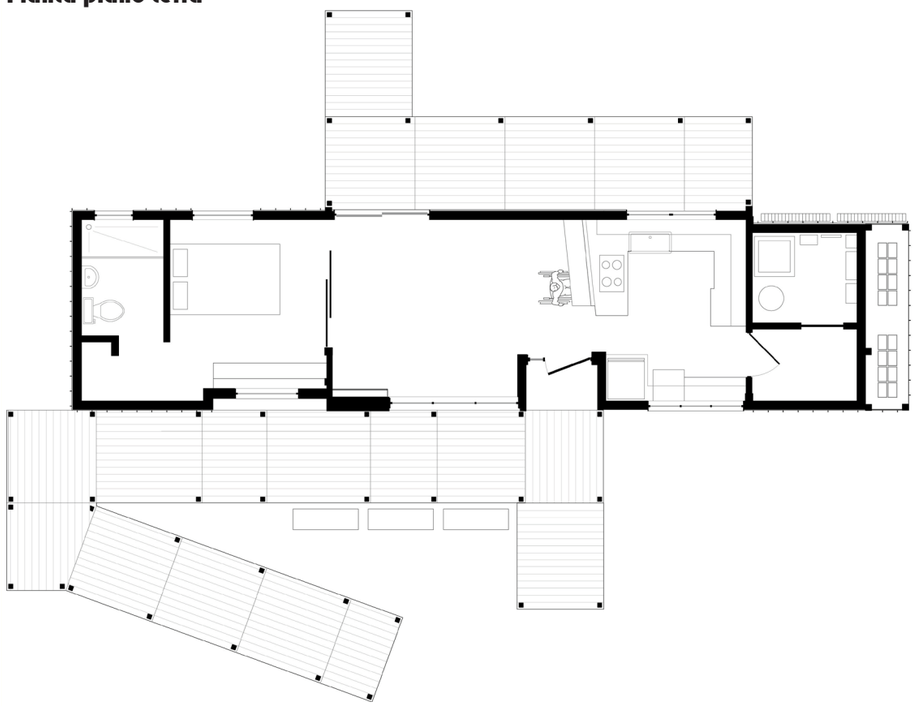
Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	University of Colorado	854
2°	Cornell University	826
3°	California Polytechnic State University	809
4°	Virginia Polytechnic Institute and State University	785
5°	New York Institute of Technology	746
6°	University of Texas at Austin	721
7°	University of Missouri-Rolla	718
8°	University of Maryland	709
9°	Universidad Politécnica de Madrid	705
10°	Pittsburgh Synergy	657
11°	Universidad de Puerto Rico	627
12°	Crowder College	625
13°	Florida International University	608
14°	Team Canada	586
15°	Washington State University	575
16°	Rhode Island School of Design	571
17°	University of Michigan	546
18°	University of Massachusetts Dartmouth	327

Tabella B. 1: Squadra vincente SD 2005.
Classifica e punteggio per ogni criterio

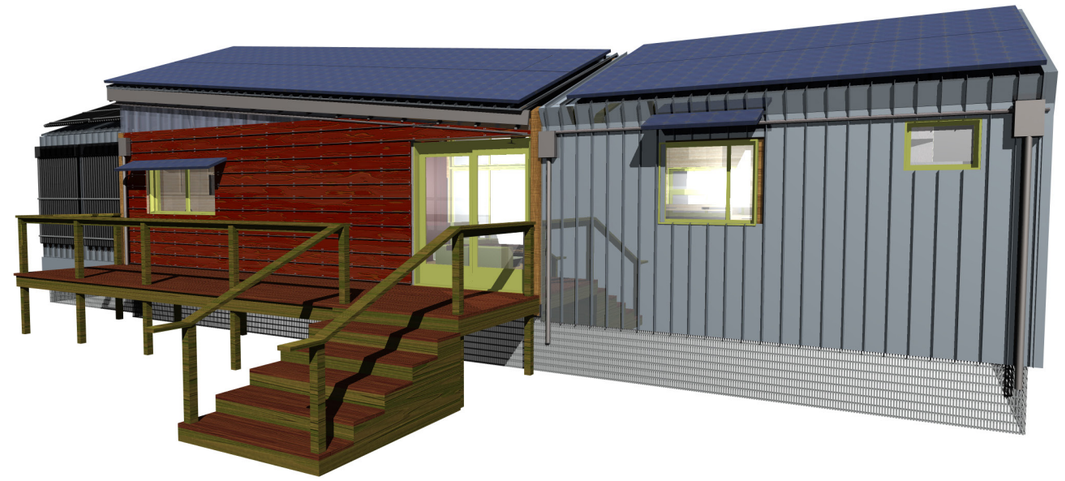
10 Criteri SD 2005	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	6°	162
2.Abitazione	5°	85
3.Documentazione	1°	92,3
4.Comunicazione	1°	98
5.Zona comfort	4°	69
6.Elettrodomestici	3°	72
7.Acqua calda	2°	95
8.Illuminazione	10°	80
9.Bilancio energia elettrica	6°	0
10.Spostarsi	1°	100

Dettaglio tecnologico

Pianta piano terra



Render

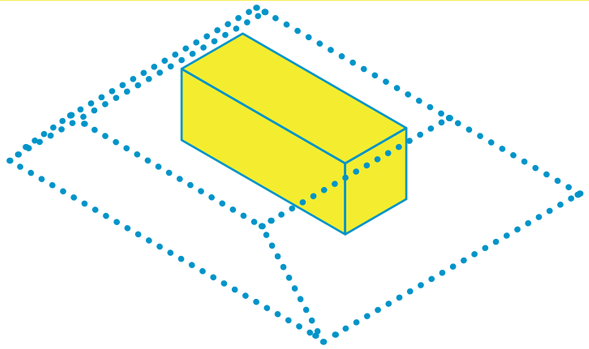


1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

Solar envelope: 510 m²
Superficie netta: 69,7 m²
Ambiente climatizzato: 63,25 m²
Tipologia abitativa: residenziale; casa unifamiliare
Modularità urbana: Il *concept* della struttura non include una modularità interna, piuttosto è uno ampio spazio suddiviso da partizioni verticali. Il prototipo è un monoblocco in pannelli BIO-SIP che poggiano su un telaio in acciaio, con un tetto mobile che si solleva dal lato Ovest da 4,9 m a 5,5m di altezza. Il progetto è un edificio singolo, di un piano e non viene prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili.

8 Il progetto BioSIP si basa sulla ricerca del professore di architettura Julee Herdt, advisor Team CU, e John Hunt, ingegnere di ricerca del Department of Agriculture's Forst Products Laboratory a Madison, Wisconsin. Fonte:https://www.researchgate.net/publication/242298133_Bio-SIPs_a_deeper_shade_of_Green

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2005

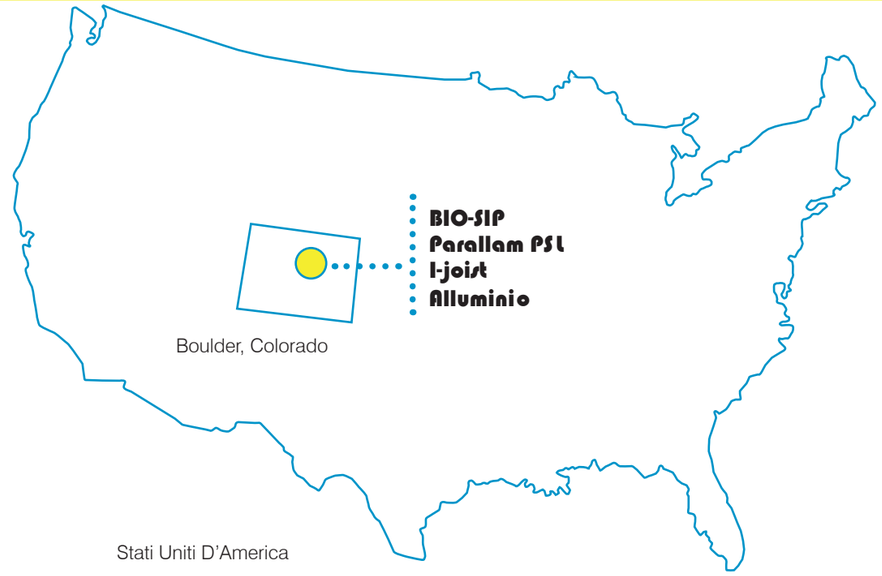


Solar envelope 510 m²
Superficie netta 69,7 m²
Superficie massima costruibile 74,32 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=93.78%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

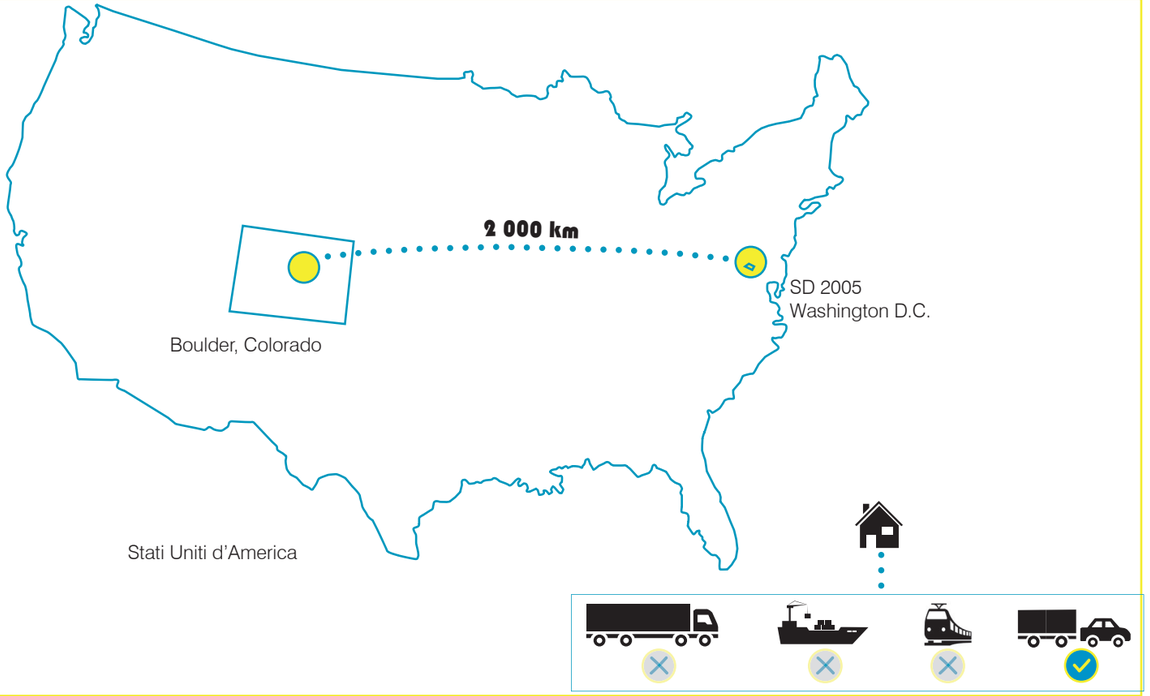
I principali materiale utilizzati per la realizzazione della casa sono i pannelli BIO-SIP (pannelli strutturali prodotti da scarti e rifiuti di materia organica agricola) composto da 3 strati: due esterni di cellulosa riciclata (ottenuta da carta straccia, scarti di legno, sottoprodotti agricoli) con struttura a nido d'ape; uno interno in schiuma isolante espansa in olio di semi di soia;[8] il legno lamellare impiallacciato Parallam PSL pilastri e travi I-joist composta da due piastre in LVL (Legno micro lamellare realizzato in piallacci incollati parallelamente) e una sezione di pannello OSB; l'alluminio strutturale per il rivestimento esterno, proveniente da un deposito locale di materiale di recupero e riutilizzo.
BIO-SIP
Tipologia: pannello a nido d'ape. Il pannello BIO-SIP deriva dalla combinazione di due prodotti ecocompatibili già presenti sul mercato, *Sonoboard-Sonoco Company e BioBase 501 foam-Biobased Systems*
Provenienza: gli scarti di legno e carta ed i sottoprodotti agricoli provengono dagli Stati Uniti d'America
Certificazioni del prodotto: prodotto non certificato nel 2005
Legno lamellare
Tipologia: travi I-Joist con profilo ad "I" e pilastri in Parallam PSL - azienda manifatturiera *TrustJoist- Weyerhaeuser Company*
Provenienza: legno da foreste gestite in modo sostenibile, Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2005
Alluminio
Tipologia: fogli di alluminio strutturale-ditta di riciclaggio ALRECO *(Aluminum Recycling Company)*
Provenienza: Brighton, Colorado
Certificazione: prodotto non certificato nel 2005



3. Trasporto-distanza e tipologia

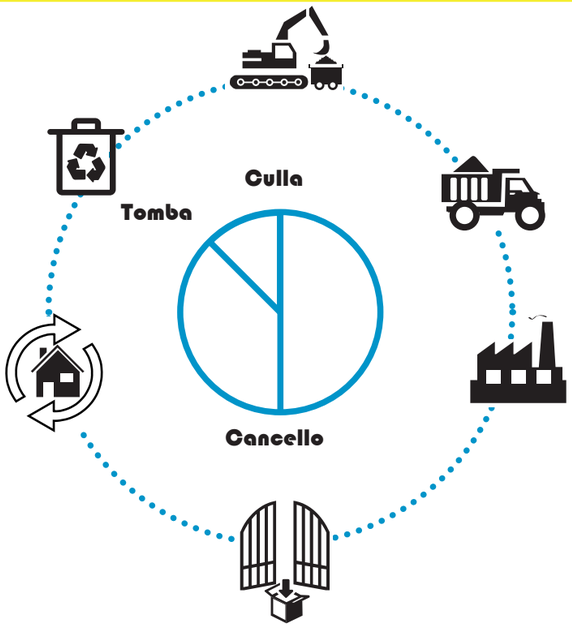
Il prototipo è costruito nel *Boulder Campus,* Colorado come un unico monoblocco composto da elementi prefabbricati, che poggia su un telaio in acciaio. Seguendo l'idea di casa mobile, il prototipo è trasportato al *National Mall,* Washington D.C., sito della competizione, per intero da un unico autotreno scarrabile per un totale di 4000 km andata-ritorno. La filosofia progettuale del team, di ridurre l'uso di prodotti derivanti dal petrolio si declina anche per il carburante utilizzato nel trasporto su gomma. Il team ha collaborato con le aziende *Biodiesel Club* per la produzione del biodiesel (ottenuto dagli scarti delle coltivazioni agricole e dall'olio di frittura usato) e la *BlueSun Biodie* per lo sviluppo della mappa dei percorsi per efficientare il consumo di carburante.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2005



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Nessun elemento strutturale costruttivo è certificato LCA in quanto, questa tipologia di certificazione viene riconosciuta a livello internazionale dal 2006 con le norme ISO 14040 (Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento) e ISO 14044 (Valutazione del ciclo di vita, Definizione e Linee guida).

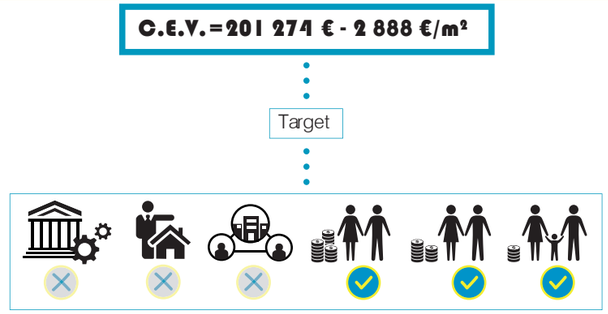


5. Accessibilità economica

9 FRED, Economic Research Federal Reserve Bank of St. Louis, Median Sales Price of Houses Sold for the United States, 2005. Fonte:https://fred.stlouisfed.org/series/MSPUS

10 US Departament of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Get Your Power from the Sun. Bringing you a prosperous future where energy is clean, abundant, reliable, and affordable, p.9. Fonte:https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35297.pdf

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato da tutte le fasce della popolazione americana
Costo estimativo di vendita: 250 000 $ (circa 201 274 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2005). Il prezzo di vendita mediano[9] delle case vendute negli Stati Uniti d'America nel 2005 oscilla tra 232 500 $ e 243 600 $.

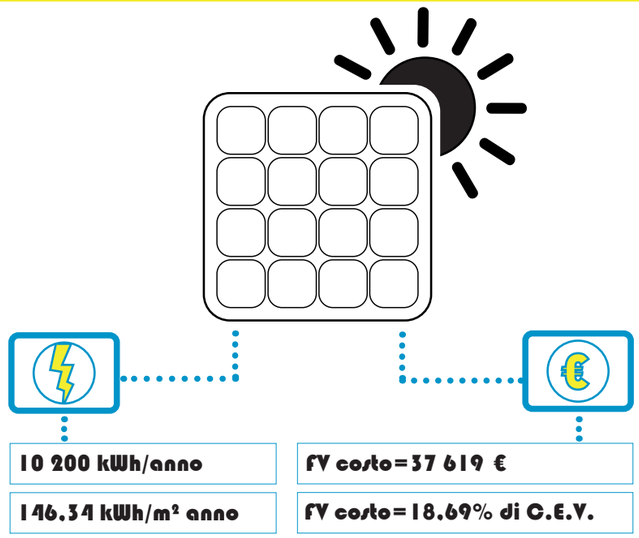


6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Non vincitore del *People' Choice Award*, Solar Decathlon.
Totale dei voti: miglia di voti per il vincitore del premio *People' Choice Award, Team Maryland* con il progetto LEAFHouse (che occupa la posizione numero 8 nella classifica ufficiale Solar Decathlon su un totale di 18 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: Woody Woodroof è il proprietario della casa Leaf House, Maryland. Gli è stata venduta ad 1 dollaro americano dall'*University of Maryland*: *"I love leaving heare.I have friends who leave in Manhattan that will kill for this much square footage (74,3 m²). I moved in in July 2008, but once we got in it was been great. Really not many changes had been made to the house. (…) There are 51 fotovoltaic panel on the roof and the generated enough electricity that we don't write a check to the Power Company every month."*

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

L' 'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 34 pannelli fotovoltaici per un'area di 43,52 m² che producono un totale di energia di 6,8 kWp. L'unica limitazione imposta dall'organizzazione SD, riguardo i sistemi fotovoltaici, è un'area massima di 74,3 m² di superficie lorda. La squadra ha scelto l'impianto *SunPower 200 watt panels*, uno dei più efficienti pannelli fotovoltaici sul mercato nel 2005. Il team ha proposto un metodo innovativo di integrazione tra sistema fotovoltaico e design attraverso l'utilizzo di *BIPV panels (Building Integrated Photovoltaic System)*. Fasce orizzontali di celle fotovoltaiche monocristalline, che producono un totale di 180 W, sono integrate nei frangisole utilizzati per ombreggiare le finestre della facciata Sud.
Rendimento kWh/kWp annuo: 10 200 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1500 kWh/kWp annuo[10]
Produzione energetica: kWh/m²anno : 146,34 kWh/m² anno
Costo estimativo FV: 46 726 $ (circa 37 619 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2005). Il costo estimativo dell'impianto FV riportato, è stato dichiarato dal team. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 18,69%.
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati sulla falda Sud del tetto con un angolo di inclinazione di 45°
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *SunPower 200 watt panels* non sono provisti di certificazione nel 2002



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Il comfort interno è garantito dal sistema meccanico HVAC. Le strategie passive proposte dal team consistono nel controllo dell'irraggiamento solare estivo ed invernale attraverso l'utilizzo di frangisole fotovoltaico, aggetti orizzontali e nella ventilazione naturale incrociata. Il concept del prototipo prende in considerazione il principio di casa passiva con un involucro isolante molto prestante, pannello BIO-SIP, che porta ad una diminuzione della richiesta di energia per il riscaldamento

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Non è prevista nessuna strategia di recupero o raccolta dell'acqua.

10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano.
Il team ha previsto un sistema di compostaggio dei rifiuti organici derivanti da resti alimentari in contenitori riciclati forniti dal *Recycling Department* dell'*University of Colorado*.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2005

2007 – Progetto Made in Germany

Team Technische Universität Darmstadt

Fonte immagine: https://cubity.de/wp-content/uploads/2017/12/1_sd07_northeastperspective_Leon-Schmitt_0710xx-1030x690.jpg

Website di riferimento:
https://www.solardecathlon.tu-darmstadt.de/solar_decathlon_2007/solarhaus_intro.de.jsp
https://www.solardecathlon.gov/past/2007/technical_resources.html

Budget totale: 753 763 $ (550 000 € circa considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2007). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 100 000 $.

Obiettivo del team: è il risparmio energetico dovuto all'uso di sistemi di riscaldamento/raffrescamento e l'integrazione della casa solare passiva con il paesaggio naturale ed il contesto circostante. La casa è stata progettata per offrire uno stile di vita moderno con la possibilità di vivere all'aria aperta in diversi momenti della giornata e delle stagioni dell'anno grazie al doppio involucro che crea uno spazio semi-aperto.

Concept progettuale: i principi guida della progettazione sono la flessibilità degli spazi interni attraverso l'utilizzo di mobili a scomparsa ed elementi scorrevoli; la modularità della costruzione per facilitare la posa in opera; l'utilizzo di tecnologie tradizionali ed i materiali rinnovabili locali o innovativi (rispettivamente il rovere tedesco ed i materiali PCM-materiali a cambiamento di fase).

Dov'è ora il progetto: attualmente la casa si trova su un'isoletta del lago di Phoenix a Dortmund, Germania. È stata dismessa nel 2012 dal campus *Solar Lichtwiese, Technische Universität Darmstadt,* dove era utilizzata come prototipo di sviluppo di tecnologie energetiche rinnovabili e come modello di adeguamento di vecchi edifici del campus.

Risultati della competizione e del Team Technische Universität Darmstadt

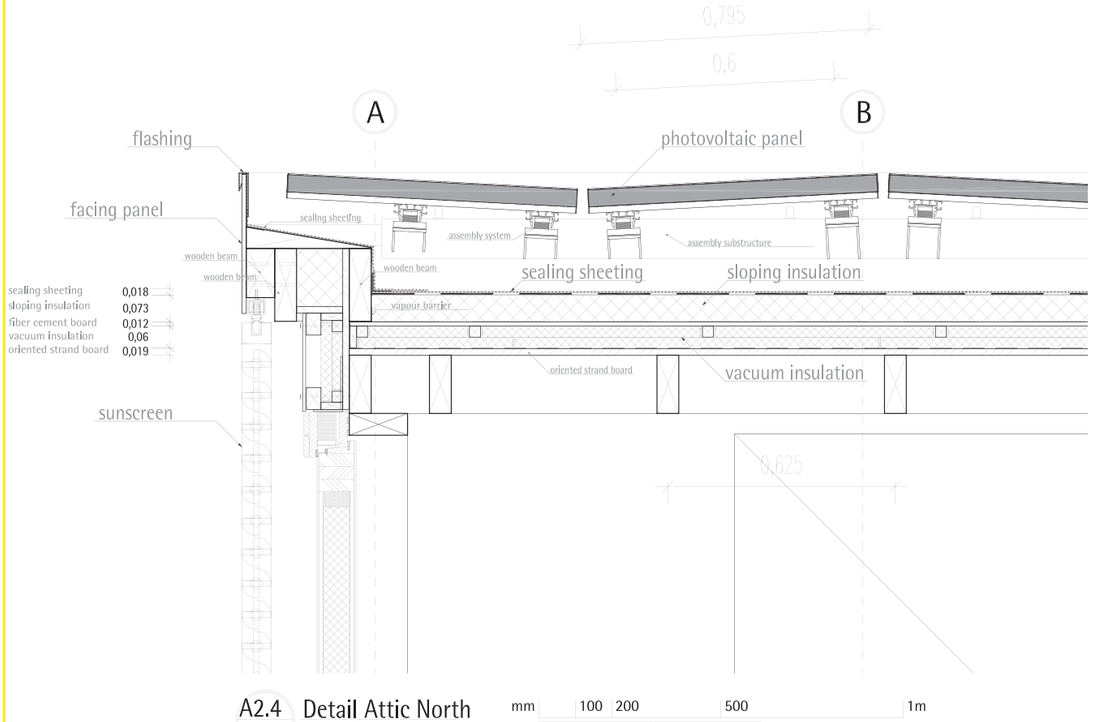
Tabella C: Classifica generale SD 2007

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Darmstadt	1024,855
2°	Maryland	999,807
3°	Santa Clara	979,959
4°	Penn State	975,432
5°	Madrid	946,298
6°	Georgia Tech	945,183
7°	Colorado	943,369
8°	Montreal	906,835
9°	Illinois	886,956
10°	Texas	877,503
11°	Missouri-Rolla	869,179
12°	NYIT	852,775
13°	MIT	833,302
14°	Carnegie Mellon	832,506
15°	Cincinnati	830,865
16°	Puerto Rico	819,502
17°	Texas A&M	808,765
18°	Kansas	807,049
19°	Cornell	780,440
20°	Lawrence Tech	691,350

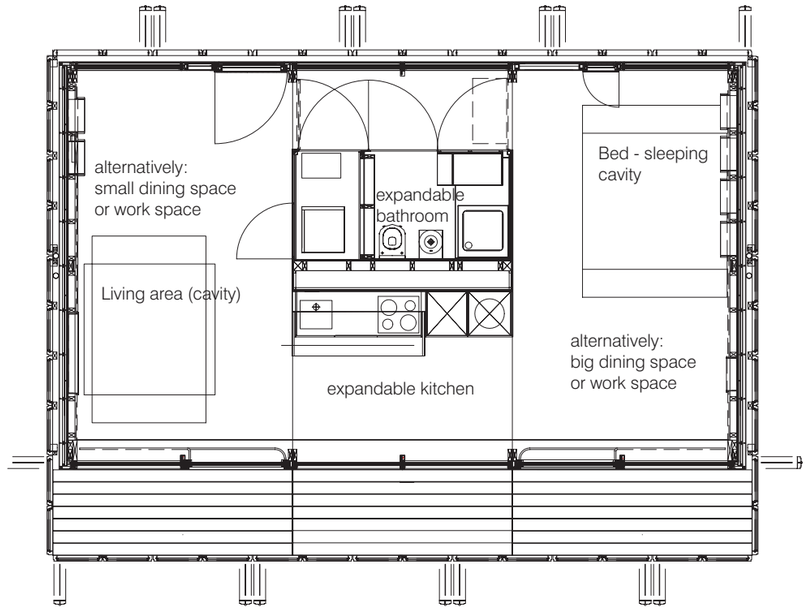
Tabella C.1 : Squadra vincente SD 2007. Classifica e punteggio per ogni criterio

10 Criteri SD 2007	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	1°	193,250
2.Ingegneria	1°	136,400
3.Fattibilità di mercato	5°	107,500
4.Comunicazione	8°	79,150
5.Zona comfort	10°	70,945
6.Elettrodomestici	3°	89,206
7.Acqua calda	6°	97,700
8.Illuminazione	1°	95,455
9.Bilancio energia elettrica	1°	100
10.Spostarsi	12°	55,250

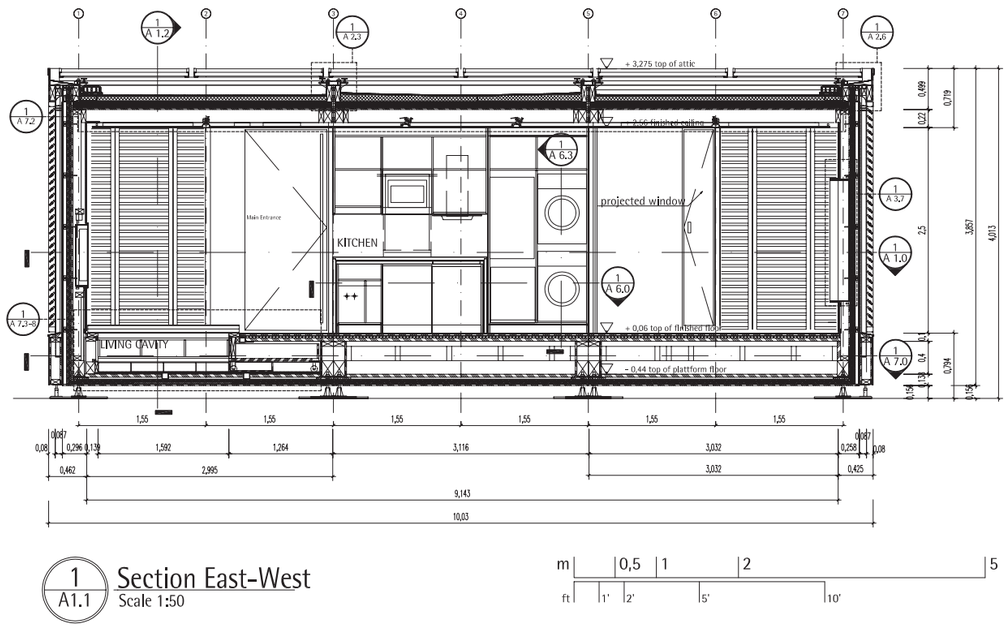
Dettaglio tecnologico



Pianta piano terra



Sezione Est-Ovest

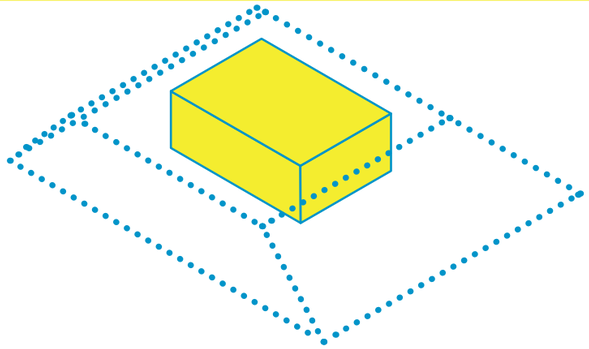


1. Consumo del suolo-tipologia abitativa. modularità urbana

11 Badische Anilin- und Soda Fabrik (Fabbrica di Anilina e Soda del Baden), una delle più grandi compagnie chimiche al mondo con sede a Ludwigshafen, Germania.

Solar envelope: 510 m²
Superficie netta: 72,3 m²
Ambiente climatizzato: 50,5 m²
Tipologia abitativa: residenziale; casa unifamiliare
Modularità urbana: Il *concept* della struttura non include una suddivisione netta degli ambienti, piuttosto predilige una flessibilità spaziale consentita dall'utilizzo di mobili a scomparsa ed elementi movibili. Il progetto è un edificio singolo, di un piano e non viene prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2007



Solar envelope 510 m ²
Superficie netta 72,3 m ²
Superficie massima costruibile 74,32 m ²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=97.28%

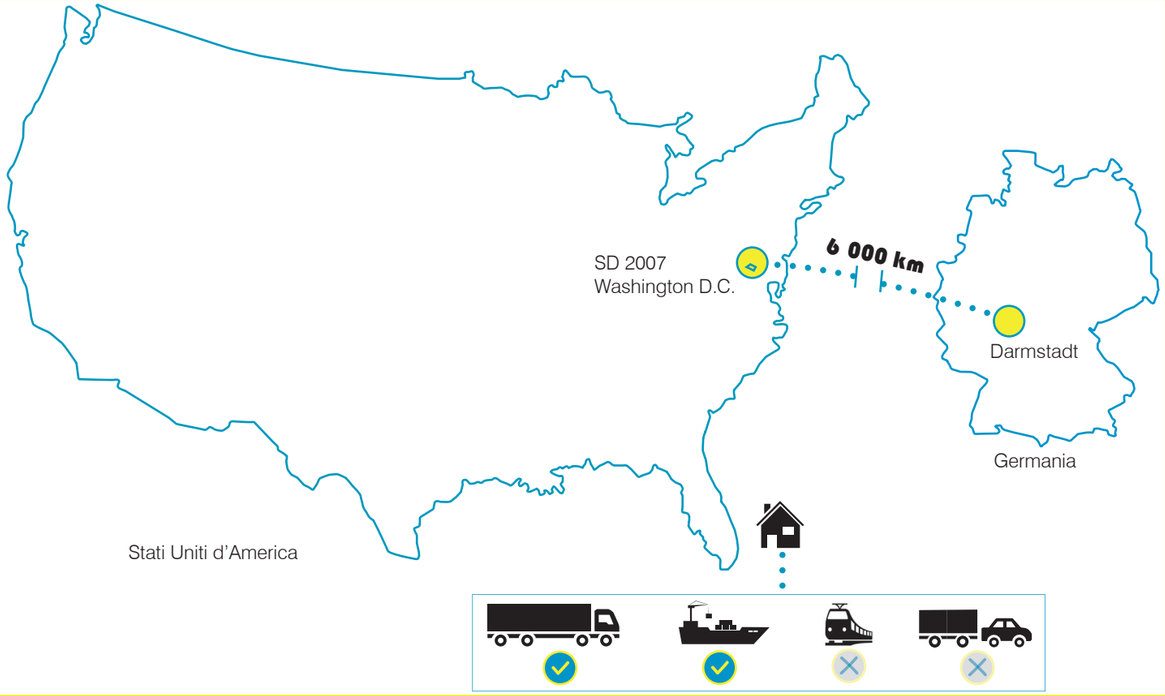
2. Materiali- tipologia. provenienza. certificazioni ambientali

I principali materiali utilizzati nella realizzazione del prototipo sono i pannelli in OSB *(Oriented Strand Board*-pannelli di scaglie di legno orientati) per le partizioni verticali perimetrali; pannelli isolanti in cartongesso e PCM (materiale a cambiamento di fase); partizioni trasparenti esterne a triplo vetro per l'involucro esterno; pannelli isolanti sottovuoto per le partizioni verticali perimetrali; il legno massiccio in rovere per i *brise-soleil* delle facciate mobili e per la realizzazione di travi e pilastri.
Legno massiccio in rovere
Tipologia: fasce orizzontali per i *brise-soleil*, trave e pilastri
Provenienza: legno proveniente dalle foreste della Germania
Certificazioni del prodotto: prodotto non certificato nel 2007
OSB
Tipologia: pannelli in OSB - azienda manifatturiera *Delignit*
Provenienza: legno da foreste gestite in modo sostenibile, Germania
Certificazione: prodotto non certificato nel 2007
Cartongesso e PCM
Tipologia: pannelli isolanti in cartongesso e microcapsule in plastica contenenti cera - azienda *Micronal PCM™ di BASF*[11]
Provenienza: Ludwigshafen, Germania
Certificazione: prodotto non certificato nel 2007
Vetro
Tipologia: finestre a triplo vetro stratificato ad alta trasmissione luminosa *iplus* HT - azienda *INTERPANE*
Provenienza: Germania
Certificazione: prodotto non certificato nel 2007
Isolante sottovuoto
Tipologia: pannello sottovuoto in fogli di alluminio altamente prestante in termini di isolamento termico - azienda *Vacupor ®NT-POREXTHERM*
Provenienza: Germania
Certificazione: prodotto non certificato nel 2007

3. Trasporto-distanza e tipologia

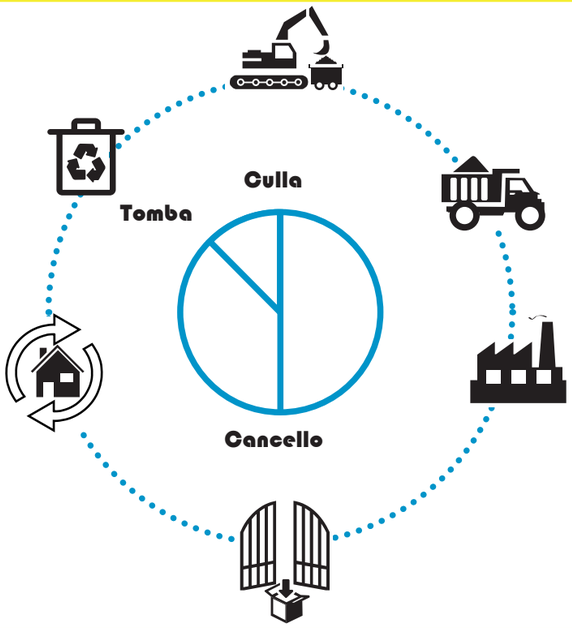
Il prototipo è costruito e testato nel campus del *Technische Universität Darmstadt.* Successivamente smontato, in tre moduli finiti, pronti per essere assemblati nel sito della competizione *National Mall*, Washington D.C, dopo essere stati trasportati via mare e via terra in quattro container standard da 12 m di lunghezza. La distanza percorsa è di 13 000 km circa, andata-ritorno dalla città di Darmstadt a Washington D.C.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2007



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Nessun elemento strutturale costruttivo è certificato LCA in quanto, questa tipologia di certificazione viene riconosciuta a livello internazionale dal 2006 con le norme ISO 14040 (Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi e quadro di riferimento) e ISO 14044 (Valutazione del ciclo di vita, Definizione e Linee guida).



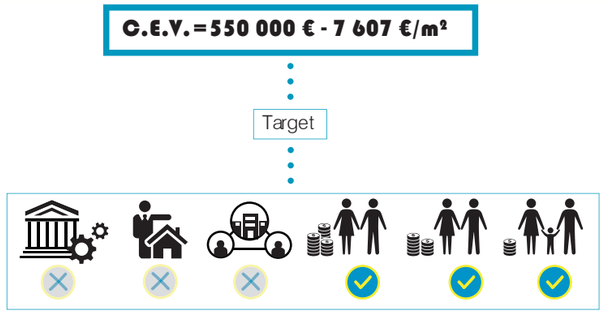
5. Accessibilità economica

12 FRED, Economic Research Federal Reserve Bank of St. Louis, Median Sales Price of Houses Sold for the United States, 2007. Fonte:https://fred.stlouisfed.org/series/MSPUS

13 SunShot US Department, Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections, 2012, p.9. Fonte: https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56776.pdf

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato da tutte le fasce della popolazione americana
Costo estimativo di vendita: 753 763 $ (circa 550 000 € considerando la media del cambio annuo dollaro euro-dollaro nel 2007). Il prezzo di vendita mediano[12] delle case vendute negli Stati Uniti d'America nel 2007 oscilla tra 257 400 $ e 238 400 $.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2007

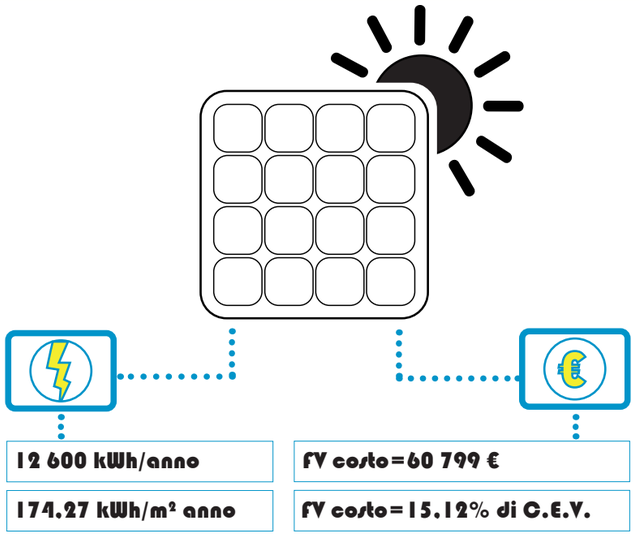


6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Non vincitore del *People' Choice Award,* Solar Decathlon.
Totale dei voti: non specificato, il vincitore del premio *People' Choice Award, Team Maryland* con il progetto LEAFHouse (che occupa la posizione numero 2 nella classifica ufficiale Solar Decathlon su un totale di 20 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: Renee Catacalos direttore esecutivo di *American Institute of Architects Potomac Valley* e *Potomic Valley Architecture Foundation,* attuali proprietari della casa LEAFHouse: *"We use this house so that people like you and me, I am not an architect, can come in and see ways that we can incorporate energy efficiency and sustainable building principles into our own daily lives. I work and live house most days of the week. It is a great place to work and I learn a lot about the architecture principles that went into it. It is important for those of us in the public to be aware that small things that we do in our homes can make a big difference in terms of sustainability and energy use. There are a lot of those things on display here at LEAFHouse. We incourage you to go around and explore them."*

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

L'impianto fotovoltaico proposto dal *team* è composto da 40 pannelli fotovoltaici monocristallini *SunPower SPR-205* con un'area totale di 51,2 m² che producono un totale di energia di 8,4 kWp e sono montati sul tetto piano; un impianto di 6 BIPV panels *(Building Integrated Photovoltaic System) Sunways SC 125 cells* con area totale di 13 m² con celle monocristalline forate incassate in un vetro speciale con un innovativo strato antiriflesso, montato sopra la veranda esposta a sud che producono un totale di 2 kWp; un impianto di 1716 lamelle di celle fotovoltaiche amorfe orientabili *ASI® OEM Outdoor Solar Modules* montate sui brise soleil nelle facciate Sud, Est, Ovest che producono energia aggiuntiva alla casa. Le limitazioni imposte dall'organizzazione SD riguardante i sistemi fotovoltaici, fanno riferimento al loro posizionamento (non devono eccedere dalla superficie lorda di 74,3 m²) e al costo massimo di 10 $/W.
Rendimento kWh/kWp annuo: 12 600 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1500 kWh/kWp annuo
Produzione energetica kWh/m²anno: 174,27 kWh/m² anno
Costo estimativo FV: 83 200 $ (60 799 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2007) per un totale di 8 400 W. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto FV nel settore residenziale nel 2007 stimato dal NREL *(National Renewable Energy Laboratory)* è di circa 8 $/W.[13] La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 15,12% . Nel calcolo estimativo dell' impianto FV non sono stati presi in considerazione le lamelle di celle fotovoltaiche montate sulle facciate.
Posizionamento: I 40 pannelli fotovoltaici sono stati installati sul tetto piano con un angolo di inclinazione di 19° con orientamento Nord e Sud; i 6 BIPV panels costituiscono la copertura piana della veranda.
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *SunPower SPR-205, Sunways SC 125 cells, ASI® OEM Outdoor Solar Modules* non sono provisti di certificazione nel 2007



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Il prototipo segue i principi di costruzione di una casa passiva, di conseguenza il fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale è inferiore a 15 kWh/m²anno. Questo è garantito da un involucro altamente prestante in pannelli isolanti sottovuoto nelle tre facciate, Nord, Est, Ovest ed il triplo vetro stratificato ad alta trasmissione luminosa utilizzato per le finestre ed il doppio vetro per la facciata vetrata a Sud. Per evitare il surriscaldamento estivo, l'edificio è dotato di un tetto a sbalzo a sud ed è circondato da una cortina di brise soleil a lamelle orientabili, in legno e celle fotovoltaiche, che favoriscono la ventilazione trasversale. La massa termica integrata nelle pareti est, ovest e nel soffitto, è garantita da panelli PCM (a cambiamento di fase) che ammortizzano le oscillazioni di temperatura. Questo sistema è completato da un soffitto radiante (basato sul raffreddamento evaporativo dell'acqua che viene pompata sul tetto e raccolta durante la notte). In condizioni estreme, il comfort interno è assicurato da un sistema HVAC *(Heat Ventilation and Air Conditioning)*.

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Non è prevista nessuna strategia di recupero o raccolta dell'acqua.

10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano e non ha previsto nessun sistema di compostaggio di alcun tipo di rifiuto organico.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2007

2009-Progetto surPLUShome
Team Technische Universität Darmstadt

Fonte immagine: https://www.solardecathlon.gov/past/images/photo_09_germany_wathn_large.jpg

Website di riferimento:
https://www.solardecathlon.tu-darmstadt.de/solar_decathlon_2009/home.en.jsp
https://www.solardecathlon.gov/past/2009/team_germany.html

Budget totale: circa 850 000 $ (circa 611 123 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2009). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 100 000 $.

Obiettivo del team: è di contribuire al miglioramento delle proposte di design dell'architettura solare e di generare un nuovo stile di vita quotidiano, come riportano gli studenti nel Project Manual: "*Il nostro progetto deve sorprendere, differenziarsi e avere un carattere forte per stimolare la discussione sulla potenzialità della forma e del design.*" Attraverso questo progetto il team propone un nuovo stile di vita quotidiano: "*La nostra visione introduce il concetto di efficienza energetica e sostenibilità come surplus nella vita quotidiana. L'edificio è contraddistinto da numerosi elementi che consentono all'utente di rompere gli stereotipi comuni dei concetti di vita e di generare un nuovo stile di vita efficiente. È un surPLUS.*"

Concept progettuale: mira a massimizzare la disponibilità di spazio abitativo e la produzione di energia elettrica attraverso un design che più si adatta al contesto. La casa si sviluppa su due piani, intorno ad uno spazio multifunzionale che racchiude le funzioni primarie della casa.

Dov'è ora il progetto: attualmente il progetto si trova nel campus *Solar Lichtwiese, Technische Universität Darmstadt.* L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico del prototipo viene trasmessa alla rete elettrica nazionale.

Risultati della competizione e del Team Technische Universität Darmstadt

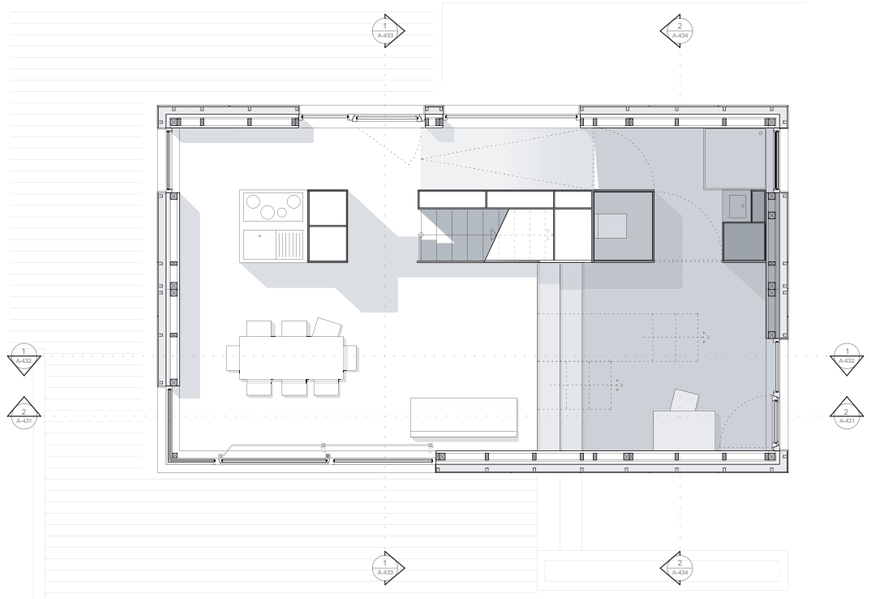
Tabella D: Classifica generale SD 2009

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Team Germany	908,297
2°	Illinois	897,300
3°	Team California	863,089
4°	Team Ontario/BC	849,816
5°	Minnesota	838,544
6°	Team Alberta	769,410
7°	Cornell	764,237
8°	Rice	750,236
9°	Kentucky	732,152
10°	Ohio State	729,932
11°	Team Missouri	719,530
12°	Iowa State	714,609
13°	Virginia Tech	704,628
14°	Team Spain	669,565
15°	Team Boston	665,596
16°	Penn State	625,995
17°	Puerto Rico	617,569
18°	Arizona	610,339
19°	Univercity of Louisiana	603,882
20°	WI-Milwaukee	542,074

Tabella D.1 : Squadra vincente SD 2009. Classifica e punteggio per ogni criterio

10 Criteri SD 2009	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	3°	94
2.Fattibilità di mercato	5°	91
3.Ingegneria	4°	91
4.Design Illuminotecnico	3°	69,75
5.Comunicazione	15°	53,25
6.Zona comfort	1°	92,008
7.Acqua calda	2°	95,200
8.Elettrodomestici	5°	89,051
9.Intrattenimento domestico	4°	87,038
10.Misurazione netta di energia	1°	150

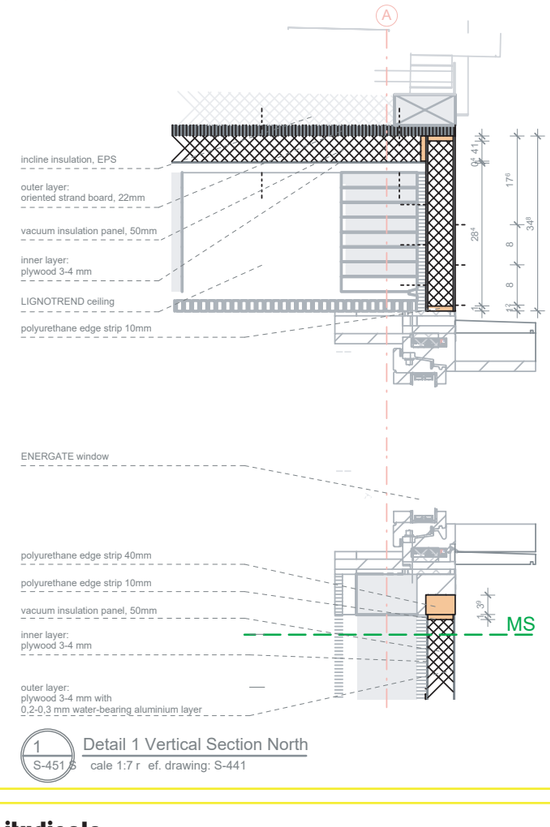
Pianta piano terra



1 A-221 Floor Plan
Scale 1:50

1:50
mm 500 1000 2000 5000
ft 1' 2' 5' 10'

Dettaglio tecnologico



1 S-451 Detail 1 Vertical Section North
cale 1:7 r ef. drawing: S-441

Sezione longitudinale

1:50

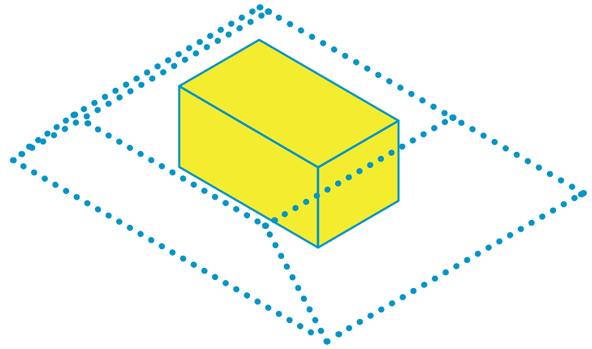
1 A-431 Longitudinal Section View North
Scale 1:50

mm 500 1000 2000 5000
ft 1' 2' 5' 10'

1. Consumo del suolo-tipologia abitativa. modularità urbana

Solar envelope: 510 m²
Superficie netta: 73,97 m²
Ambiente climatizzato: 63,61 m²
Tipologia abitativa: residenziale; casa unifamiliare; edificio multipiano; sopraelevazione; casa vacanza
Modularità urbana: Il *concept* della struttura si basa sulla flessibilità spaziale e sulla modularità degli elementi per facilitare la posa in opera. Il *team* ha suddiviso il prototipo in quattro macro-moduli prefabbricati, pronti per essere trasportati e assemblati in loco. Il progetto è un edificio singolo, di un piano, ma è prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificati per la formazione di edifici residenzili multipiano.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2009

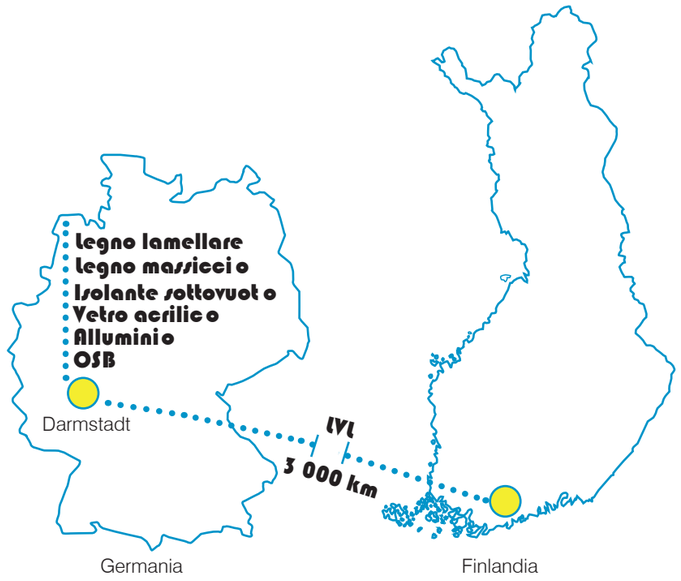


Solar envelope 510 m²
Superficie netta 73,97 m²
Superficie massima costruibile 74,32 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=99.53%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

I principali materiali utilizzati nella realizzazione del prototipo sono il legno lamellare e legno massiccio per la parte strutturale, travi I-joist, pilastri e pannelli; i pannelli in legno microlamellare impiallacciato LVL *(Laminated Veneer Lumber)* e pannelli in OSB (*Oriented Strand Board*-scaglie di legno orientate ed incollate) per le partizioni verticali perimetrali; i pannelli isolanti sottovuoto per le partizioni verticali perimetrali; la sottostruttura in alluminio dei pannelli FV e delle scandole di vetro acrilico sulle facciate.
Legno lamellare
Tipologia: pannelli in legno stratificato a strati incrociati *Ligno Rippe Q3* e *Ligno Block Q9*- azienda manifatturiera *LIGNO* ®
Provenienza: legno proveniente dalle foreste della Germania
Certificazione: prodotto certificato Natureplus
Legno massiccio
Tipologia: travi e pilastri KVH®-1plus® (NSI)- azienda manifatturiera *Rettenmeier Holding AG*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste della Germania
Certificazione: prodotto certificato FSC, PEFC
LVL
Tipologia: pannelli in legno lamellare impiallacciato- azienda *FH-Finnholz GmbH*
Provenienza: legno di abete rosso proveniente dalle foreste della Finlandia-*Metsä Wood*
Certificazione: prodotto certificato PEFC
OSB
Tipologia: pannelli in scaglie di legno orientate ed incollate- azienda *Agepan Glunz AG*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste della Germania
Certificazione: prodotto certificato PEFC, NaturePlus
Isolanti sottovuoto
Tipologia: pannelli isolanti sottovuoto VIP (Vacuum Insolation Panels)- azienda *VARIOTEC GmbH & Co.KG*
Provenienza: Nuremberg, Germania
Certificazione: prodotto non certificato nel 2009
Alluminio
Tipologia: traversi e montanti per il sostegno dei pannelli PV in facciata e sul tetto costruiti su misura- azienda *Heroal-Johann Henkenjohann GmbH*
Provenienza: prodotti derivanti da alluminio riciclato nella manifatturiera di Verl, Germania
Certificazione: prodotto certificato *Aluminium and Environment in widows and façade construction (A/U/F), Frankfurt: Sustainability and Responsibility in Ecology and Economy*
Vetro acrilico
Tipologia: scandole di vetro acrilico colorate, Pexiglas- azienda *Evonik Degussa GmbH*
Provenienza: Essen, Germania
Certificazione: Prodotto non certificato nel 2009

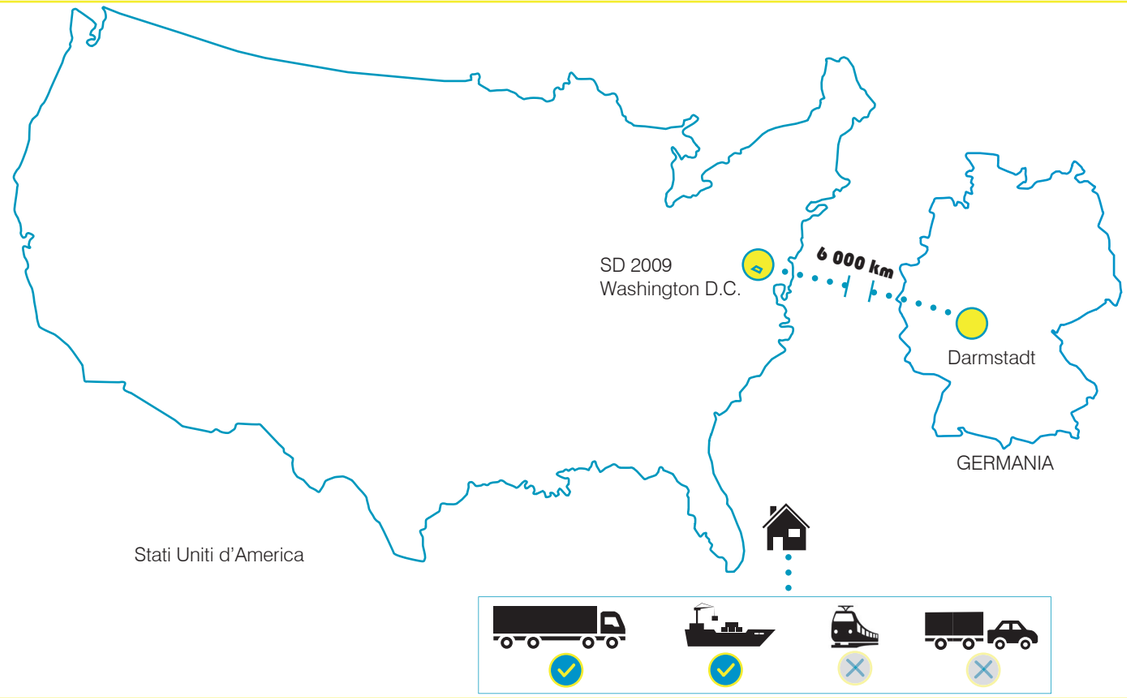


3. Trasporto-distanza e tipologia

Il prototipo è costruito e testato nel campus del *Technische Universität Darmstadt.* Successivamente smontato, in quattro moduli finiti, pronti per essere assemblati nel sito della competizione *National Mall*, Washington D.C, dopo essere stati trasportati via mare e via terra in due container standard da 12 m e 6 m di lunghezza e quattro container per autoarticolato. La distanza percorsa è di 13 000 km andata-ritorno dalla città di Darmstadt a Washington D.C.

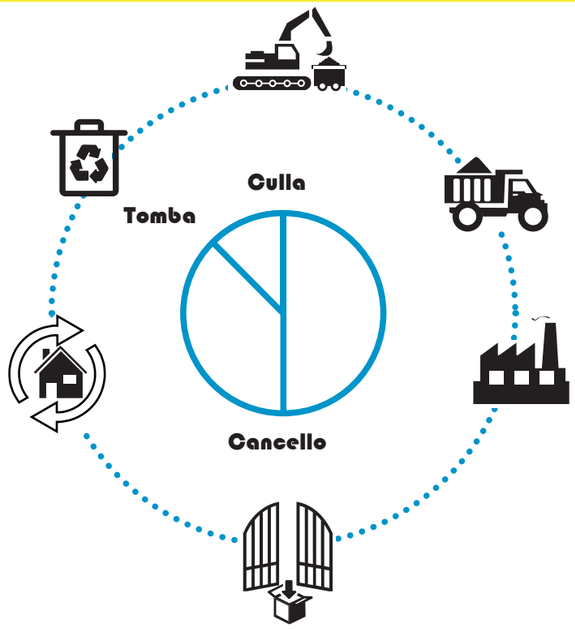
14 DGNB System (German Sustainable Building Council) funziona come strumento di pianificazione e ottimizzazione, fornendo un aiuto per aumentare la sostenibilità tangibile dei progetti edilizi. Promuove inoltre una comprensione condivisa dei requisiti pertinenti dei metodi di costruzione sostenibile tra tutte le parti coinvolte nei progetti di sviluppo. La certificazione DGNB è riconosciuta a livello nazionale ed internazionale e si basa su tre fattori fondamentali: Life cycle assessment, approccio olistico, enfasi delle prestazioni. Fonte: (https://www.dgnb.de/en/)

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2009



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

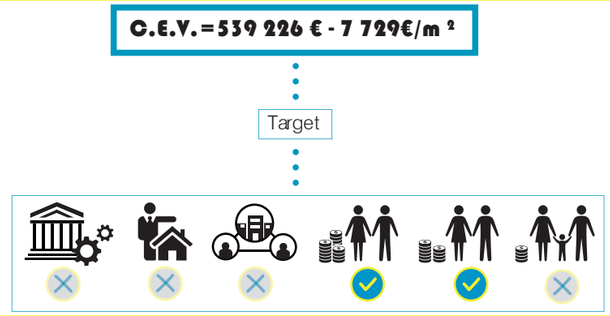
Nessun elemento strutturale costruttivo è certificato LCA. Il team dichiara di aver utilizzato il metodo di certificazione DGNB *(German Sustainable Building Council)*[14] nella fase progettuale per sottolineare l'impatto positivo di questa metodologia.



5. Accessibilità economica

Target: il *target* di riferimento considerato dal *team* è rappresentato dalla fascia della popolazione tedesca con un reddito medio-alto (freelancer, imprenditori che lavorano da casa, accademici) oppure da imprese edili nel settore residenziale e terziario.
Costo estimativo di vendita: da 650 000 $-850 000 $ (circa 467 330 € - 611 123 € considerando la media del cambio annuo dollaro dollaro-euro nel 2009). Il team propone un'analisi della tendenza del mercato immobiliare tedesco indicando che la stima del costo medio per le nuove abitazioni in Germania è intorno a 145 000 € con un costo di 1 240 €/m^2 e la superficie abitabile pro capita è 41,9 m^2.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2009

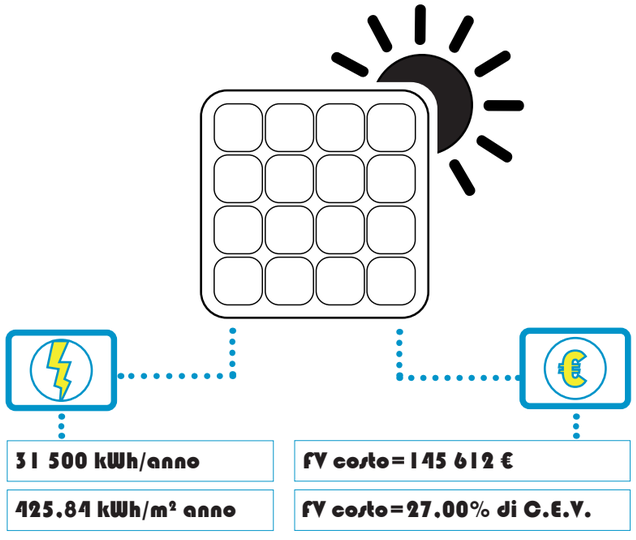


6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Non vincitore del *People' Choice Award,* Solar Decathlon.
Totale dei voti: più di 17 000 voti cartacei ed elettronici, il vincitore del premio *People' Choice Award, Team University of Louisiana at Lafayette* con il progetto BeauSoleil House (che occupa la posizione numero 19 nella classifica ufficiale Solar Decathlon su un totale di 20 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: *"The BeauSoleil team did a wonderful job of merging culture and technology making the house a place you would want to call home. For these efforts the team took first place in People's Choice and Market Viability."*

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

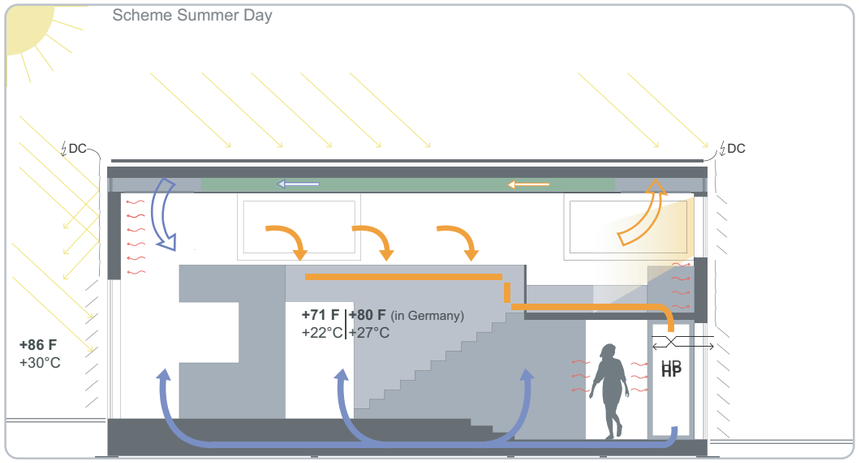
L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 40 pannelli fotovoltaici monocristallini *SunPower SPR-300* con un'area totale di 69,4 m^2 che producono un totale di energia di 12 kWp e sono montati sul tetto piano; un impianto di 248 scandole con un are totale di 89,3 m^2 di celle fotovoltaiche amorfe orientabili a film sottile *CIS modules* montate su un supporto in alluminio e producono energia aggiuntiva alla casa un totale di circa 9,6 kWp. Il team ha stimato una produzione dell'energia di 200% dell'energia necessaria per la casa. Le limitazioni imposte dall'organizzazione SD riguardante i sistemi fotovoltaici, fanno riferimento al loro posizionamento (non devono eccedere dalla superficie lorda di 74,3 m^2) e al costo massimo di 10 $/W.
Rendimento kWh/kWp annuo: 31 500 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1500 kWh/kWp annuo
Produzione energetica kWh/m^2anno: 425,84 kWh/m^2 anno
Costo estimativo FV: 71 300 $ (51 120 € considerando la media del cambio annuo euro-dollaro americano nel 2009) per un totale di 12 000 W e 74 312 $
(53 280 € considerando la media del cambio annuo euro-dollaro americano nel 2009) per un totale di 9 600 W. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto FV nel settore residenziale nel 2009 stimato dal *team Technische Universität Darmstadt* è di circa 4,26 $/W per i FV montati sul tetto e 5,55 $/W per le celle fotovoltaiche. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto PV sul totale del costo estimativo di vendita della casa varia dal 16,06% al 12,28 .
Posizionamento: I 40 pannelli fotovoltaici sono stati installati sul tetto piano con un angolo di inclinazione di 19°; le 248 scandole sono state montate sulle facciate e sui frangisole orientabili delle finestre.
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *SunPower SPR-300,* celle fotovoltaiche *CIS modules* non sono provisti di certificazione nel 2007

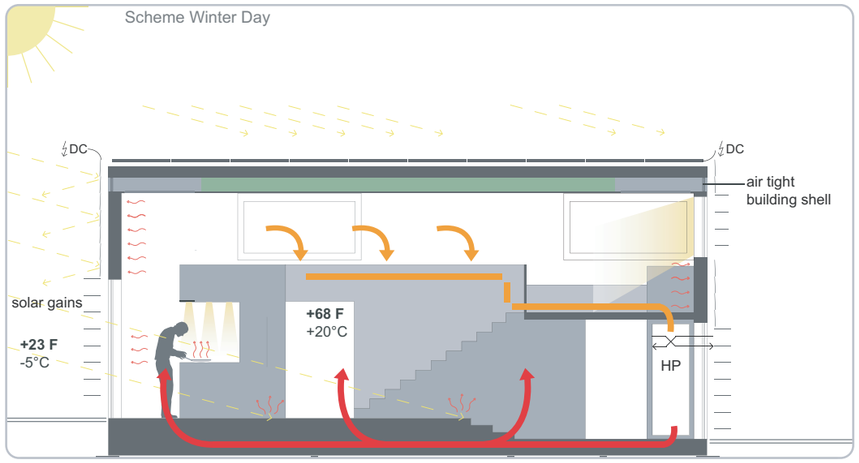


8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Il prototipo segue i principi di costruzione di una casa passiva, di conseguenza il fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale è inferiore a 15 kWh/m²anno. Questo è garantito da un involucro altamente prestante in pannelli isolanti sottovuoto nelle facciate e soffitto. La doppia pelle in scandole orientabili di celle fotovoltaiche a film sottile CIS (*Copper-Indium-Selenide*, Diseleniuro di rame e Indio) montate su un telaio in alluminio, protegge l'edificio dal surriscaldamento estivo e trasforma l'irradiazione solare in energia elettrica. La massa termica è garantita da panelli in cartongesso e PCM (materiale a cambiamento di fase in capsule di cera e idrati di sale) che rivestono internamente le partizioni perimetrali ed il soffitto e ammortizzano le oscillazioni di temperatura, sia attraverso un sistema passivo di trasferimento di calore sia attraverso un sistema attivo di raffreddamento delle capsule di idrati di sale. In condizioni estreme, il comfort interno è assicurato da un sistema HVAC *(Heat Ventilation and Air Conditioning).*

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2009





9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Non è prevista nessuna strategia di recupero o raccolta dell'acqua.

10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari. compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano e non ha previsto nessun sistema di compostaggio di alcun tipo di rifiuto organico.

2011-Progetto Watershed
Team Maryland University of Maryland

Fonte immagine: https://inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2011/10/Solar-Decathlon-Maryland-Watershed1.jpg

Website di riferimento:
http://2011.solarteam.org/
https://www.solardecathlon.gov/past/2011/index.html

Budget totale: 336 336 $ (241 899 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2011). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 100 000 $.

Obiettivo del team: è di minimizzare l'impatto ecologico con particolare attenzione all'impatto sulla qualità e l'uso dell'acqua dovuto alla presenza di insediamenti umani nella baia di Chesapeake[15] negli Stati Uniti d'America. Il design di WaterShed risponde alle sfide di ripensare l'uso dell'energia nell'ambiente edificato ed il consumo idrico in tutto il mondo. Il progetto è guidato da quattro principi guida: l'acqua è una risorsa preziosa e deve essere gestita con coscienza; una casa dovrebbe funzionare come un micro-ecosistema; una casa sostenibile dovrebbe sia conservare che produrre risorse; la fusione tra le strategie energetiche attivi e passive è il modo più efficace per edificare una casa in sintonia con il suo ecosistema.

Concept progettuale: il prototipo è inteso come un micro-ecosistema che promuove uno stile di vita sostenibile. I due volumi, che racchiudono le funzioni primarie della casa, si sviluppano intorno ad una fascia centrale contente il sistema di fitodepurazione dell'acqua piovana e delle acque grigie utilizzando piante autoctone.

Dov'è ora il progetto: attualmente il prototipo si trova nel parco sostenibili di Rockville, Maryland, proprietà di Pepco *(Potomac Electric Power Company)* che fornisce l'elettricità nel Maryland e Washington D.C. e ha sponsorizzato il team durante la competizione. La casa è aperta al pubblico dall'inizio del 2014 e offre visite guidate agli interessati ad uno stile vita sostenibile.

Risultati della competizione e del Team Maryland University of Maryland

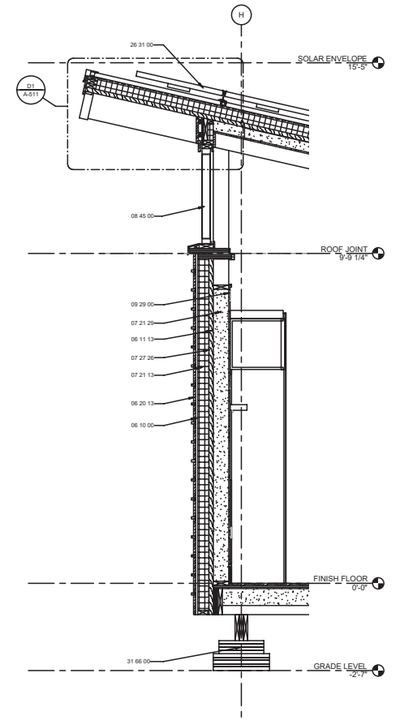
Tabella E: Classifica generale SD 2011

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Maryland	951,151
2°	Purdue	931,390
3°	New Zealand	919,058
4°	Middlebury College	914,809
5°	Ohio State	903,938
6°	SCI-Arc/Caltech	899,490
7°	Illinois	875,715
8°	Tennessee	859,132
9°	Team Massachusetts	856,351
10°	Canada	836,423
11°	Florida Int'l	833,15
12°	Appalachian State	832,499
13°	Parsons NS Stevens	828,816
14°	Tidewater Virginia	774,910
15°	Team China	765,471
16°	Team Belgium	709,843
17°	Team New York	677,356
18°	Team New Jersey	669,352
19°	Team Florida	619,006

Tabella E.1 : Squadra vincente SD 2011.
Classifica e punteggio per ogni criterio

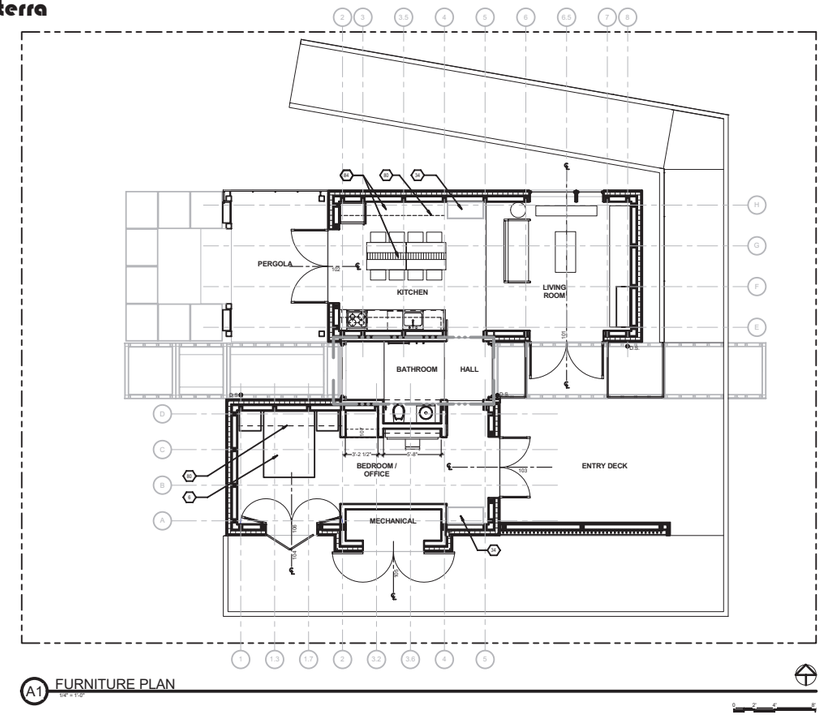
10 Criteri SD 2011	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	1°	96
2.Attrattiva sul mercato	2°	94
3.Ingegneria	4°	89
4.Comunicazione	3°	88
5.Accessibilità economica	12°	91,366
6.Zona comfort	3°	96,139
7.Acqua calda	T1°	100
8.Elettrodomestici	2°	99,798
9.Intrattenimento domestico	T3°	97,847
10.Bilancio energia elettrica	T1°	100

Dettaglio tecnologico



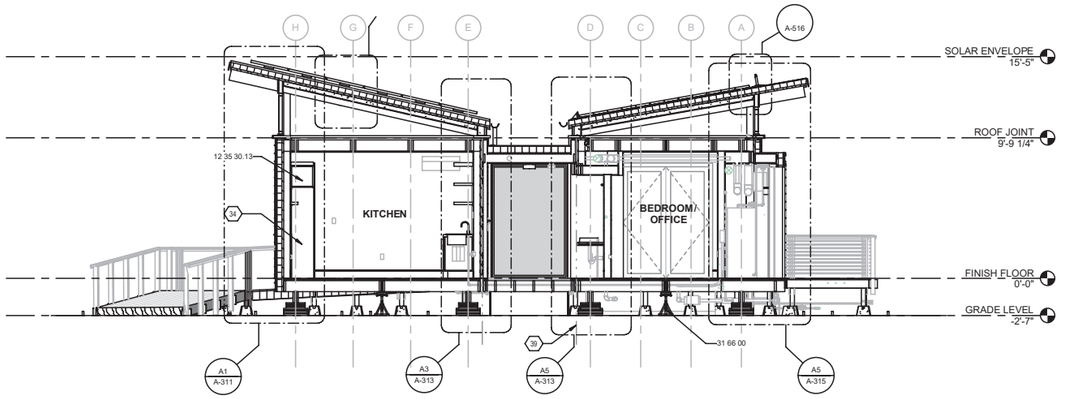
A1 MODULE A NORTH WALL
3/4" = 1'-0"

Pianta piano terra



A1 FURNITURE PLAN
1/4" = 1'-0"

Sezione trasversale



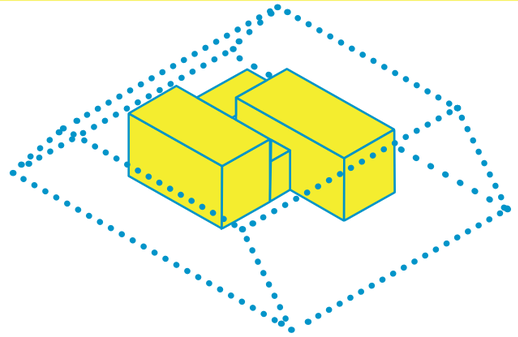
A1 BUILDING CROSS SECTION 2
1/4" = 1'-0"

1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

15 Chesapeake è l'estuario più esteso degli Stati Uniti d'America, con più di 3600 specie tra piante, animali e pesci. La baia Chesapeake ha una popolazione di circa 17 milioni di persone.

Solar envelope: 435,54 m²
Superficie netta: 81,4 m²
Ambiente climatizzato: 81,4 m²
Tipologia abitativa: residenziale; casa unifamiliare
Modularità urbana: Il *concept* della struttura si basa sulla composizione dei singoli elementi in tre macro-moduli per facilitare il trasporto e la posa in opera. La flessibilità dello spazio interno è garantita da arredi multifunzionali e versatili. Il progetto è un edificio singolo, di un piano, e non è prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2011

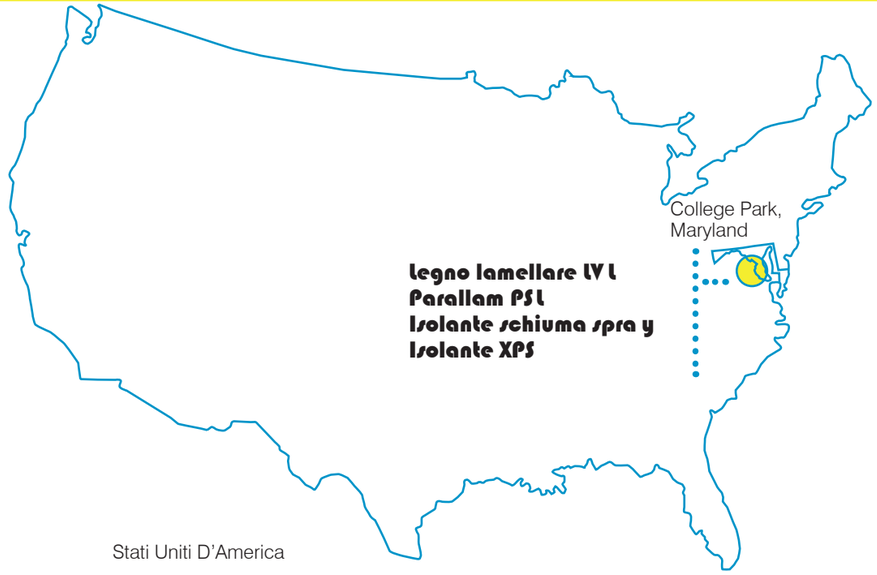


Solar envelope 435,54 m²
Superficie netta 81,4 m²
Superficie massima costruibile 92,9 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=87.62%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

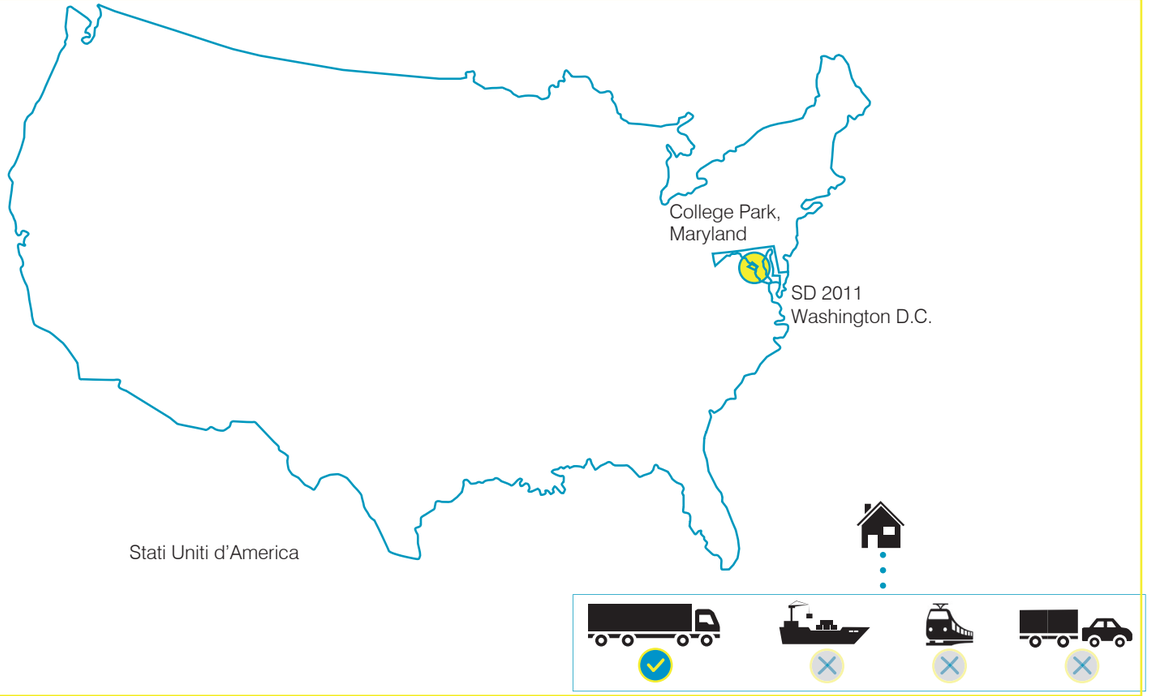
I principali materiali utilizzati nella realizzazione del prototipo sono il legno ingegnerizzato declinato nelle varie forme e l'isolante sintetico. Il legno lamellare LVL (*Laminated Veneer Lumber* o Legno microlamellare Legno micro lamellare realizzato in piallacci incollati parallelamente) è utilizzato per travi e pannelli nelle partizioni perimetrali; il Parallam PSL (*Parallel Strand Lumber*-Strati paralleli di piallacci) per la realizzazione dei pilastri; legno *Thermowood-termo* trattato per il rivestimento esterno; la schiuma *spray open cell* e *closed cell* (in poliuretano derivante da plastica riciclata e olio di soia) e i panelli in XPS (*Extruded Polystyrene*-Polistirene estruso) per l'isolamento della casa.
Legno lamellare
Tipologia: trave e pannelli microllam LVL - azienda *TrustJoist Macmillan- Weyerhaeuser*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste degli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2011
Tipologia: pilastri in Parallam PSL- azienda *TrustJoist Macmillan- Weyerhaeuser*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste degli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2011
Tipologia: scandole in legno di abete resistente agli agenti atmosferici e agli attacchi biologici- azienda *Heister House, Inc.*
Provenienza: prodotto distribuito da *Heister House, Inc.* sul territorio americano
Certificazione: prodotto non certificato nel 2011
Isolante
Tipologia: schiuma *spray open cell* e *closed cell* che bloccano il passaggio rispettivamente dell'acqua e dell'aria-Demilec Inc.
Provenienza: prodotto negli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2011
Tipologia: pannelli rigidi in polistirene estruso *XPS-STYROFOAM™ Brand Square Edge Insulation*- azienda *The Dow Chemical Company*
Provenienza: prodotto negli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2011



3. Trasporto-distanza e tipologia

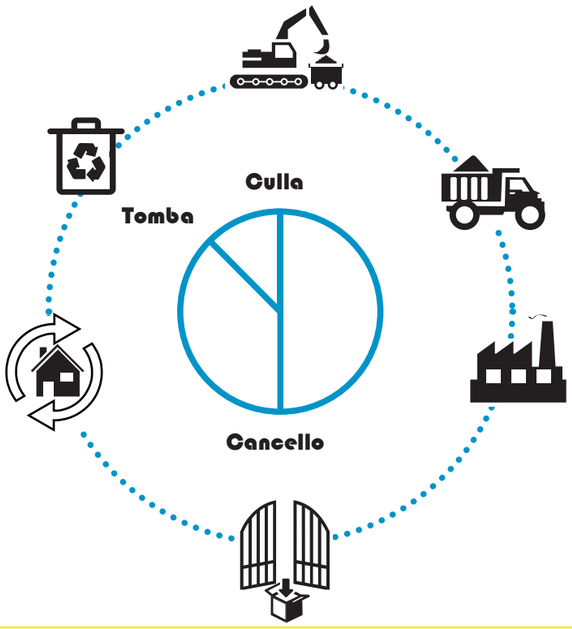
Il prototipo è costruito e testato nel *College Park,* Maryland. Successivamente smontato, in quattro moduli finiti, pronti per essere assemblati nel sito della competizione *National Mall,* Washington D.C, dopo essere stati trasportati con autoarticolati e due container da 12 m di lunghezza. La distanza percorsa è di 26,6 km andata-ritorno da *College Park Maryland* a Washington D.C.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2011



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Nessun elemento strutturale costruttivo è certificato LCA.

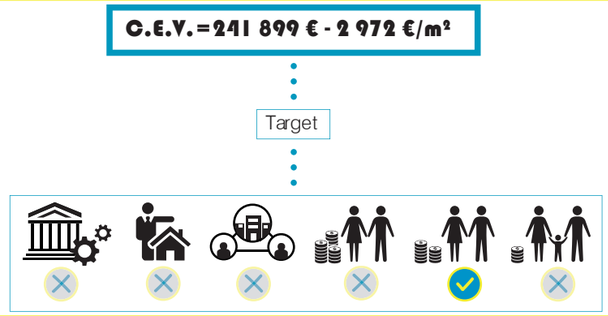


5. Accessibilità economica

16 Uno perito estimatore professionista ha determinato il costo di costruzione di ogni casa. Le squadre hanno guadagnato 100 punti per aver raggiunto un obiettivo di costo di costruzione di 250 000 $ o meno. Una scala a punti scorrevoli è stata poi applicata alle case con costi di costruzione stimati tra 250 001 $ e 600 000 $. Le case con costi stimati superiori a 600 000 dollari avrebbero ricevuto zero punti.

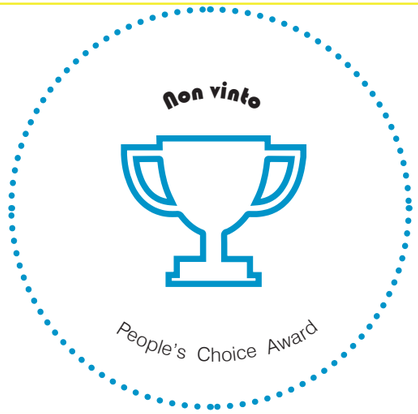
17 Deltec Homes è una società americana situata ad Asheville, North Carolina che produce case prefabbricate e ha sponsorizzato il progetto The Solar Homestead.

Target: il *target* di riferimento considerato dal *team* è rappresentato dalle coppie giovani senza figli, che lavorano da casa (architetti, avvocati e altre professioni)
Costo estimativo di vendita: 336 336 $ (241 899 € considerando la media del cambio annuo dollaro dollaro-euro nel 2011). Il *team* propone un'analisi della tipologia demografica nel settore del mercato immobiliare di Baltimora e Washington D.C. indicando reddito medio del target (75 000 $-115 000 $, 53 941 € - 82 710 €) e l'accessibilità economica a tali residenti. Dal 2011 l'organizzazione Solar Decathlon introduce il criterio *Affordability*-Accessibilità economica[16] per incoraggiare i *team* a progettare e costruire case solari accessibili.



6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

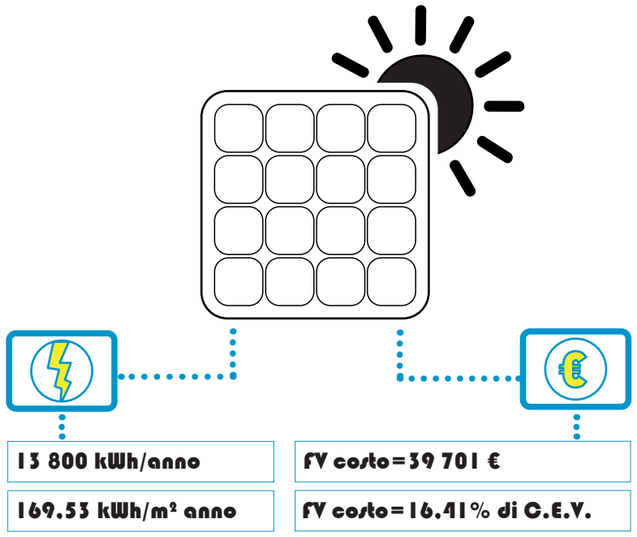
Non vincitore del *People' Choice Award,* Solar Decathlon.
Totale dei voti: 92,538 voti, il vincitore del premio *People' Choice Award, Team Appalachian State University* con il progetto The Solar Homestead (che occupa la posizione numero 12 nella classifica ufficiale Solar Decathlon su un totale di 19 squadre partecipanti). Questo progetto è stato poi acquistato da *Deltec Homes*[17] per avviare la sua produzione a livello industriale.
Esempio commento del pubblico: Bev Perdue (73° Governatrice della Carolina del Nord): *"These students have shown America that we can do things in North Carolina," Perdue said. "We all know that in North Carolina green is gold and that we must as a people focus on building a green enterprise for our state".*



7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

18 SunShot US Department, Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections, 2012, p.9. Fonte: https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56776.pdf

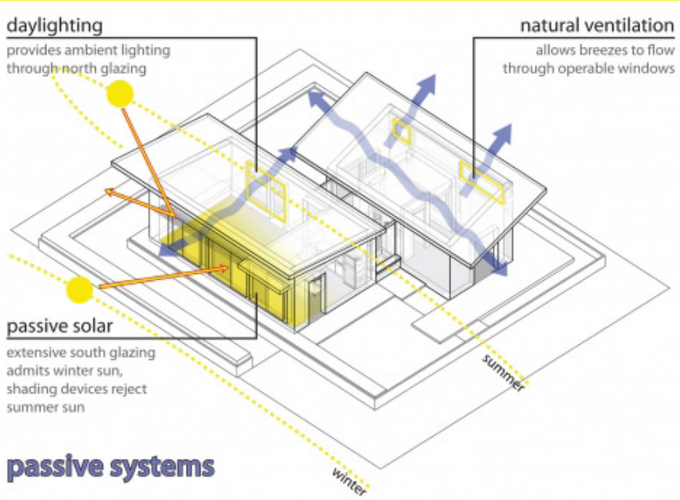
L'impianto fotovoltaico proposto dal *team* è composto da 42 pannelli fotovoltaici monocristallini *Sanyo HIT Power 220A* con un'area di 53,76 m² che producono un totale di energia di 9,2 kWp. I pannelli sono montati sulla falda inclinata del tetto orientata a Sud e sul traliccio del pergolato. L'unica limitazione imposta dall'organizzazione SD riguardante i sistemi fotovoltaici, fanno riferimento al loro posizionamento (non devono eccedere dalla superficie lorda di 92,9 m²).
Rendimento kWh/kWp annuo: 13 800 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1500 kWh/kWp annuo
Produzione di energia kWh/m²anno : 169,53 kWh/m² anno
Costo estimativo FV: 55 200 $ (39 701 € considerando la media del cambio annuo euro-dollaro americano nel 2011) per un totale di 9 200 W. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto FV nel settore residenziale nel 2011 stimato dal NREL *(National Renewable Energy Laboratory)* è di circa 6 $/W. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di 16,41% .
Posizionamento: 36 pannelli fotovoltaici sono stati installati sulla falda tetto inclinato di 12,8°orientato a Sud, mentre gli altri 6 pannelli sono stati installati sul pergolato con un angolo di inclinazione di 180°
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *Sanyo HIT Power 220A* non sono provisti di certificazione nel 2011



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

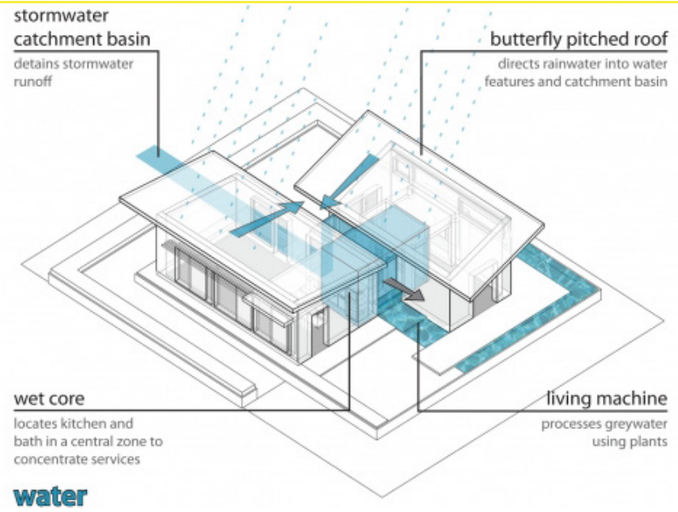
Il *comfort* interno degli utenti è garantito da sistemi attivi e passivi. La ventilazione naturale incrociata consente il raffrescamento passivo grazie alle aperture posizionate in maniera strategica, sui due lati opposti di ogni modulo ad altezze diverse. Il guadagno termico invernale passivo è garantito da maggiori aperture trasparenti sulla facciata Sud protette da aggetti orizzontali opportunamente posizionati. Per quanto riguarda i sistemi attivi, vi sono presenti un sistema HVAC *(Heat Ventilation and Air Conditioning),* un deumidificatore a soluzione liquida salina LDW *(Liquid Desiccant Waterfall),* un recuperatore di energia ERV *(Energy Recovery Ventilator)* fornisce un flusso controllato di aria fresca, calore e umidità vengono trasferiti tra aria fresca e aria viziata per risparmiare energia - 96% di recupero energetico - 75% di trasferimento di umidità; pavimento radiante collocato nel bagno per massimizzare il comfort durante la stagione fredda.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2011



9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

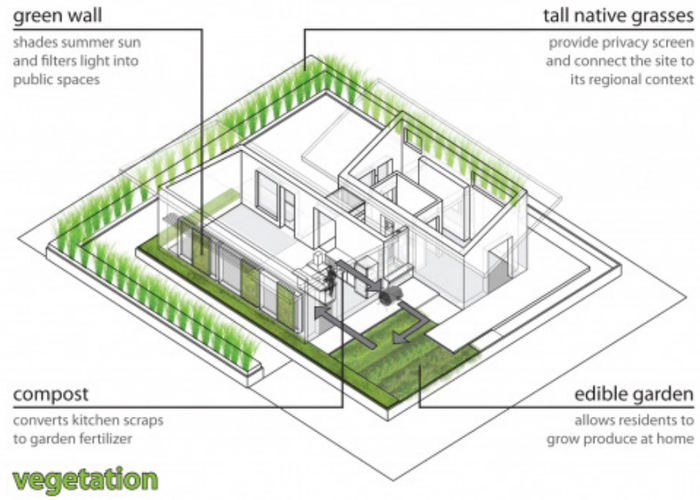
L'approccio WaterShed nella gestione dell'acqua riduce la domanda di acqua potabile per l'irrigazione e lo scarico dei servizi igienici. Sulla base dei dati raccolti dal team, nel 2005 un americano medio ha usato 378 litri (100 galloni) al giorno di acqua potabile in ambito domestico. Più della metà è stata utilizzata all'aperto per la manutenzione del giardino o per riempire le piscine, mentre il 50-80% delle acque reflue prodotte all'interno di una casa è stato classificato come acqua grigia.
Le strategie progettuali proposte riguardano la raccolta delle acque piovane e il recupero delle acque grigie attraverso un sistema di fitodepurazione. L'acqua piovana che fluisce sulle falde del tetto viene raccolta nella cisterna sul lato est della casa e riutilizzata per irrigare le aree verdi intorno alla casa, l'orto privato ed il giardino verticale. Le acque grigie (proveniente dalla doccia, dalla lavastoviglie, dal gabinetto e dalla lavatrice) vengono raccolte in una seconda cisterna e purificate attraverso la fitodepurazione.



10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano per quanto riguarda i rifiuti organici solidi.
Il *team* propone un sistema di compostaggio termofilo[19] dei rifiuti organici derivanti da avanzi, per generare fertilizzanti utilizzabili nell'orto privato.

19 Il compostaggio termofilo si basa sulla massa termica e sui microbi per ossidare il carbonio e produrre calore. Questo calore uccide gli agenti patogeni e sterilizza gran parte della riserva dei semi del terreno (riducendo la quantità di erbacce che cresceranno), mentre i microbi suddividono la materia organica in preziose sostanze nutritive.



2013-Progetto LISI- living inspired by sustainable innovation

Team Vienna - University of Technology

Fonte immagine: http://www.solardecathlon.at/

Website di riferimento:
https://www.solardecathlon.at/
https://www.solardecathlon.gov/past/2013/team_austria.html

Budget totale: 306 293 $ (230 710 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2013). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 100 000 $.

Obiettivo del team: è di creare una casa ecologica, con un basso impatto ambientale per l'intero ciclo di vita dell'edificio, in sintonia con l'idea di vivere a contatto con la natura. La sinergia tra la costruzione modulare in legno e l'uso di materiali ed energie rinnovabili crea una casa sostenibile ed economica per diversi utenti e siti. LISI non solo garantisce un ambiente sano, confortevole e piacevole per i suoi residenti, ma genera anche l'energia necessaria per il loro stile di vita quotidiano.

Concept progettuale: : la cultura Alpina e l'importanza degli alberi sono i concetti chiave che hanno ispirato i progettisti di LISI. L'albero è fonte di ispirazione per diversi aspetti: le sue proprietà materiali e strutturali, l'adattabilità a diverse situazioni, il suo essere un materiale rinnovabile e il del ciclo di vita efficiente. L'approccio progettuale pulito e minimalista produce un'architettura che mette in evidenza questo patrimonio culturale. La casa LISI è suddivisa in tre zone: nucleo di servizio, zona giorno e patii limitrofi, che possono essere chiusi attraverso una facciata esterna flessibile, *multi-texture* e diversi livelli di trasparenza.

Dov'è ora il progetto: attualmente il prototipo si trova nel villaggio *Blaue Lagune,* a sud di Vienna, Austria. *Blaue Lagune* è un villaggio modello che riceve circa 150 000 di visitatori all'anno. La casa è stata montata su una struttura galleggiante in riva al lago, nell'area *"Architecture and Innovation"* aperta al pubblico. I visitatori possono entrare nella casa attraverso una banchina collegata e conoscere le tecnologie per l'energia solare e l'efficienza energetica utilizzate nel prototipo.

Risultati della competizione e del Team Vienna University of Technology

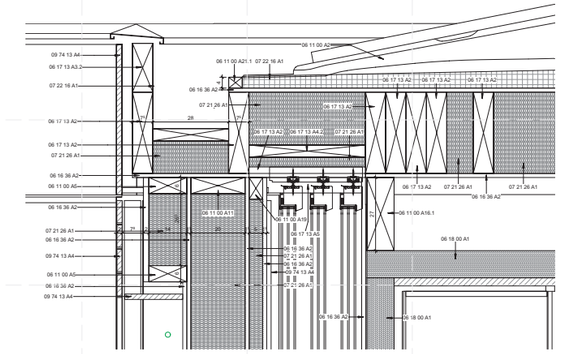
Tabella f: Classifica generale SD 2013

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Team Austria	951,922
2°	Las Vegas	947,572
3°	Czech Republic	945,142
4°	Stevens	939,176
5°	Stanford	933,125
6°	Team Ontario	926,478
7°	Team Capitol DC	920,267
8°	Middlebury College	920,262
9°	Team Alberta	913,574
10°	U of So Cal	906,203
11°	Santa Clara	888,929
12°	Norwich	876,928
13°	North Carolina	870,210
14°	SCI-Arc/Caltech	868,666
15°	Kentucky/Indiana	850,079
16°	Missouri S&T	840,455
17°	AZ State/New Mexico	823,165
18°	Team Texas	776,454
19°	West Virginia	774,742

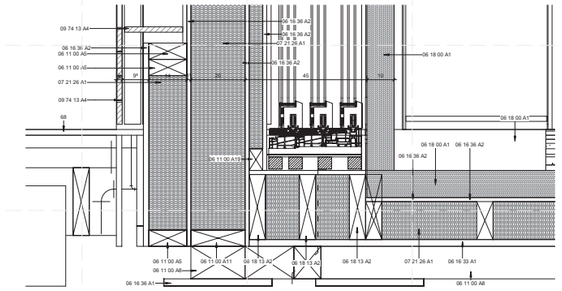
Tabella f.1: Squadra vincente SD 2013.
Classifica e punteggio per ogni criterio

10 Criteri SD 2013	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	4°	91
2.Attrattiva sul mercato	2°	93
3.Ingegneria	T3°	93
4.Comunicazione	1°	94
5.Accessibilità economica	14°	93
6.Zona comfort	12°	93
7.Acqua calda	T1°	100
8.Elettrodomestici	6°	98,971
9.Intrattenimento domestico	4°	98,272
10.Bilancio energia elettrica	T1°	100

Dettaglio tecnologico

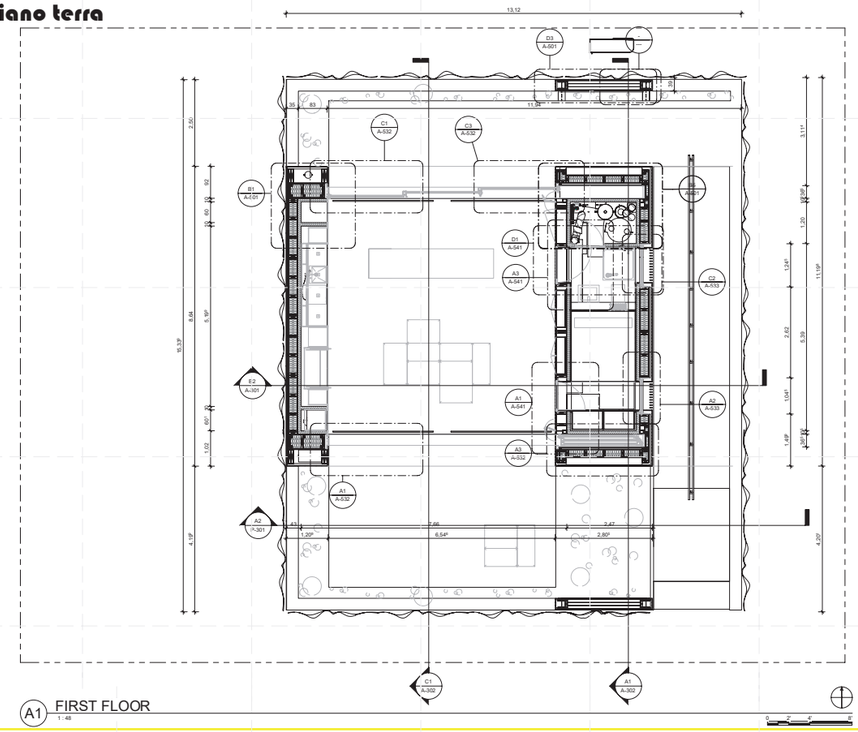


C3 A-511_00_Section 2 - 02
1 : 6



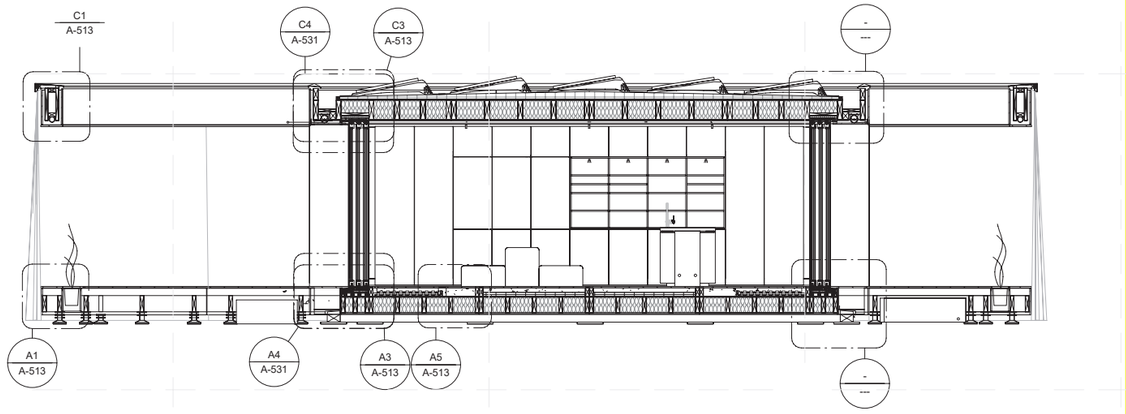
A3 A-511_00_Section 2 - 04
1 : 6

Pianta piano terra



A1 FIRST FLOOR
1 : 48

Sezione

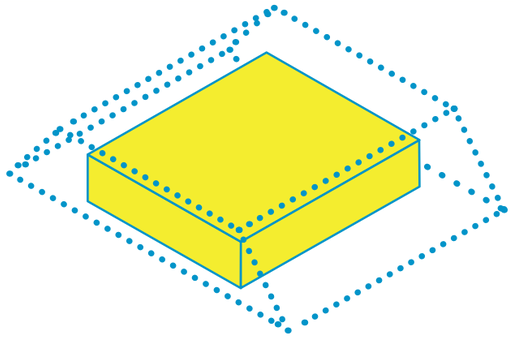


C1 A-302 Section 1
1 : 48

1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

Solar envelope: 435,54 m²
Superficie netta: 59 m²
Ambiente climatizzato: 59 m²
Tipologia abitativa: residenziale; casa unifamiliare
Modularità urbana: Il *concept* della struttura si basa sulla composizione dei singoli elementi in tre macro-moduli per facilitare il trasporto e la posa in opera. La scelta di materiali prebabbricati è giustificata da una diminuzione dei tempi di costruzione. Il progetto è un edificio singolo, di un piano, e non è prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili, in altezza. Il *team* propone una densificazione in orizzontale del costruito, attraverso una configurazione variabile dei moduli del prototipo, che consente di ottimizzare l'uso dello spazio a disposizione.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2013



Solar envelope 435,54 m²
Superficie netta 201 m²
Superficie massima costruibile 92,9 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=216.4%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

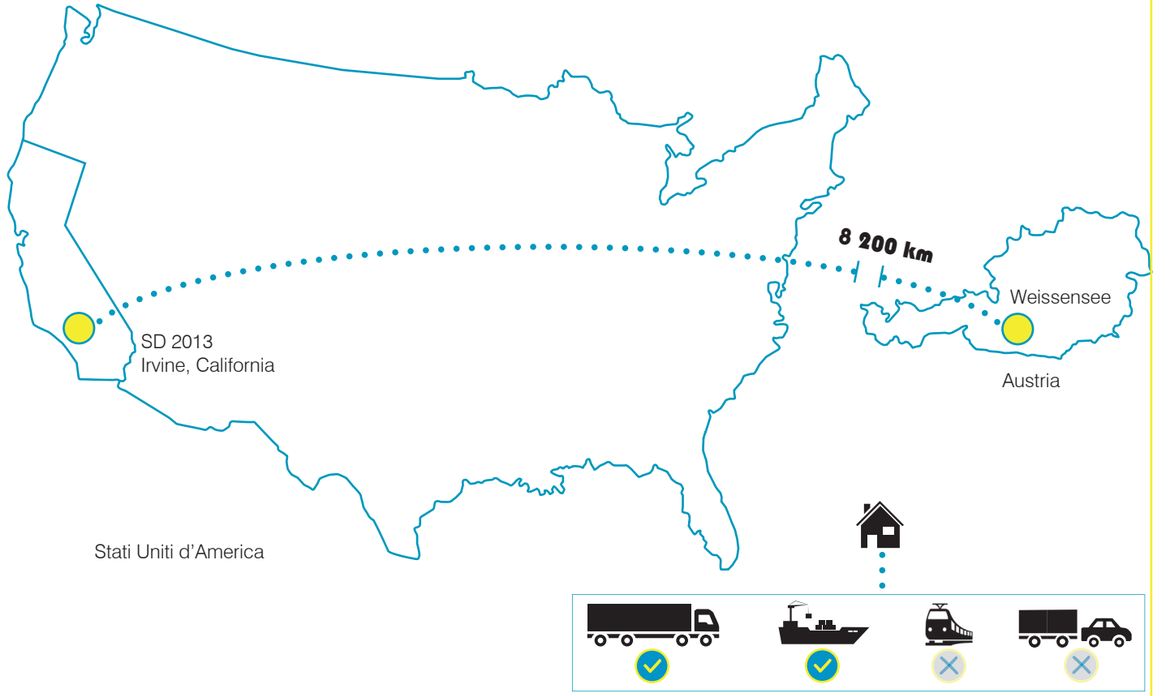
La scelta dei materiali costruttivi è dettata dalla filosofia progettuale, di ridurre l'impatto ecologico della casa. I principali materiali utilizzati nella realizzazione del prototipo sono il legno ingegnerizzato declinato nelle varie forme, che utilizza tutte le parti che compongono un albero, l'isolante sintetico e naturale e il PTFE (*Polytetrafluoroethylene*-Politetrafluoretilene) membrana sintetica idrofoba. Il legno lamellare LVL (Laminated Veneer Lumber o Legno microlamellare Legno micro lamellare realizzato in piallacci incollati parallelamente) e CLT *(Cross laminated timber)* è utilizzato come pannello per le partizioni perimetrali; il legno massiccio KVH *(Konstruktionsvollholz)* per travi e legno lamellare *(Glue laminated timber)* per arcarecci e pilastri; l'OSB (*Oriented Strand Board*-Scaglie di legno incollate) per la realizzazione delle partizioni orizzontali; l'isolante sintetico panelli in EPS (*Expanded Polystyren*-Polisitrene espanso) ed isolante naturale (in fibra di cellulosa applicata con la tecnica dell'insufflaggio a umido.
Legno lamellare
Tipologia: pannelli ultralam LVL e pannelli CLT- azienda manifatturiera *Steico*; distributore *Stora Enso*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste della Germania; legno distribuito dalla Svezia
Certificazione: prodotti certificati FSC e PEFC
Tipologia: travi KVH- azienda *Stora Enso*
Provenienza: legno distribuito dalla Svezia
Certificazione: prodotto certificato PEFC, EPD
Tipologia: pannelli OSB3- azienda *Egger Eurostrand*
Provenienza: prodotto in Germany
Certificazione: prodotto certificato FSC, PEFC, EPD
Tipologia: arcarecci e pilastri Glue laminated timber- azienda *Hasslacher Norica Timber*
Provenienza: prodotto in Austria
Certificazione: prodotto certificato PEFC
Isolante
Tipologia: pannelli rigidi in EPS- azienda *ClimaLevel Energiesysteme GmbH*
Provenienza: prodotto in Germania
Certificazione: prodotto non certificato nel 2013
Tipologia: fibra di cellulosa insufflata a umido- azienda *ISOCELL GmbH*
Provenienza: prodotto in Austria
Certificazione: prodotto non certificato nel 2013
PTFE
Tipologia: tenda in tessuto idrofobo- azienda *SEFAR*
Provenienza: non specificato
Certificazione: prodotto non certificato nel 2013

3. Trasporto-distanza e tipologia

Il prototipo è costruito e testato a Weissensee, Austria. Successivamente smontato, in singoli componenti e caricati in sei container per essere trasferiti all'*Orange County Great Park* Irvine California, sito della competizione. Il prototipo ha percorso una distanza di circa 31 282 km andata-ritorno e sono stati impiegati tre tipologie di trasporto distinte: autoarticolato, nave da carico e treno merce.

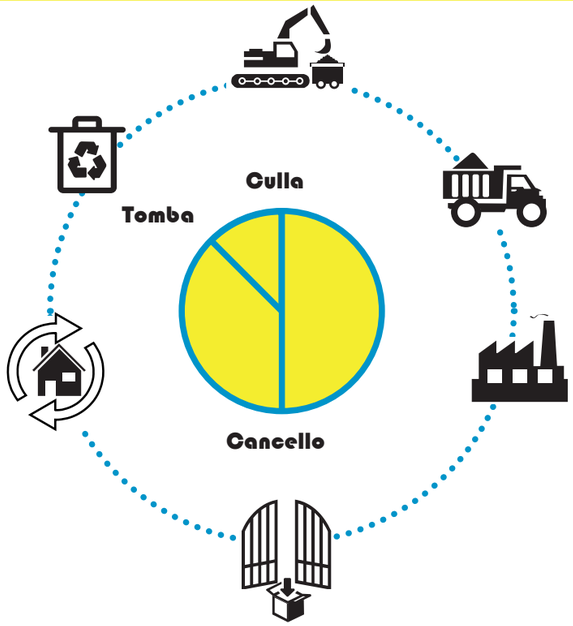
20 DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen-Il Consiglio Tedesco per l'Edilizia Sostenibile) è un ente indipendente che si occupa della certificazione dell'edilizia sostenibile. Il sistema DGNB è unico nel suo genere. Esso fornisce una descrizione obiettiva e una valutazione della sostenibilità degli edifici e dei quartieri urbani. La qualità viene valutata in modo esaustivo lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio. Il sistema di certificazione DGNB può essere applicato a livello internazionale. Vengono valutati 50 criteri di sostenibilità in sei ambiti (ecologia, economia, aspetti socio-culturali, tecnologia, processo lavorativo e cantiere). A seconda del livello di prestazione raggiunto in durante la valutazione, la DGNB rilascia il certificato DGNB con punteggio Bronzo, Argento, Oro o Platino. Inoltre, in fase di progettazione è possibile ottenere una semplice pre-certificazione.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2013



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

La maggior parte dei materiali costruttivi scelti dal team è certificata sia attraverso processi di etichettatura ambientale (FSC, PEFC) sia attraverso EPD, che si basa sull'approccio LCA (Life cycle assesment) "dalla culla alla culla". Il prototipo LISI è inoltre certificato dall'ente ÖGNB *(The Austrian Sustainable Building Council)* con il punteggio GOLD, seguendo l'approccio che valuta l'intero ciclo di vita di un edificio utilizzato dall'ente DGNB.[20]



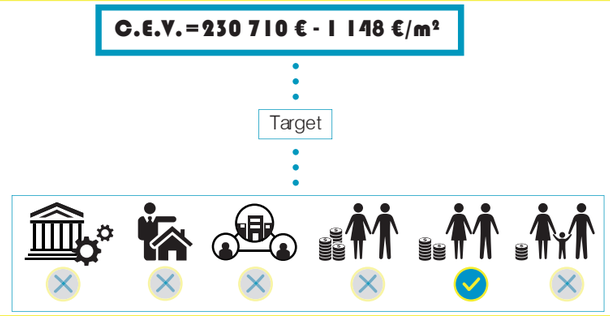
5. Accessibilità economica

Target: il *target* di riferimento considerato dal *team* è rappresentato dalle coppie giovani
Costo estimativo di vendita: 306 293 $ (230 710 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2013). Il prezzo di vendita mediano[21] delle case vendute negli Stati Uniti d'America nel 2013 oscilla tra 258 400 $ e 273 600 $.

21 FRED, Economic Research Federal Reserve Bank of St. Louis, Median Sales Price of Houses Sold for the United States, 2002. Fonte:https://fred.stlouisfed.org/series/MSPUS.

22 SunShot US Department, Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections, 2014 Edition, p.32. Fonte: https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/62558.pdf

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2013

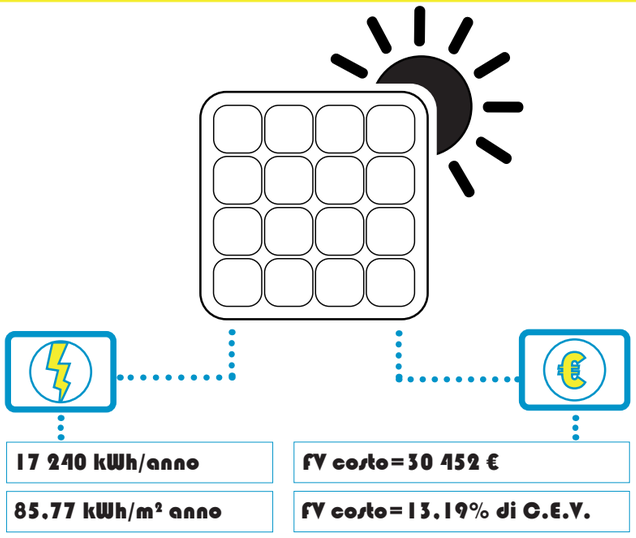


6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Non vincitore del *People' Choice Award,* Solar Decathlon.
Totale dei voti: numero voti non specificato; il vincitore del premio *People' Choice Award, The University of North Carolina at Charlotte* con il progetto UrbanEden (che occupa la posizione numero 13 nella classifica ufficiale Solar Decathlon su un totale di 19 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: "*But what wins the People's Choice Award is capturing the hearts of visitors. And their house is beautiful, with its light-filled rooms that open to a garden-rimmed outdoor deck, laminated bamboo cabinetry and paneling, and continuous ash flooring. UrbanEden is a house people can imagine themselves living in. A house that could easily become a home*".

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

L'impianto fotovoltaico proposto dal *team* è composto da 35 pannelli di cui 13 *KPV 240 PE* e 22 *Holleis Lotus G2* in silicio policristallino, con un'area totale di 53,76 m² che producono un totale di energia di 8,62 kWp. I pannelli sono montati sul tetto piano. L'unica limitazione imposta dall'organizzazione SD riguardante i sistemi fotovoltaici, fanno riferimento al loro posizionamento (non devono eccedere dalla superficie lorda di 92,1 m²).
Rendimento kWh/kWp annuo: 17 240 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 2000 kWh/kWp annuo
Produzione energetica kWh/m²anno: 85,77 kWh/m² anno
Costo estimativo FV: 40 428 $ (30 452 € considerando la media del cambio annuo euro-dollaro americano nel 2013) per un totale di 8 620 W. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto PV nel settore residenziale nel 2013 stimato dal NREL *(National Renewable Energy Laboratory)*[22] è di circa 4,69 $/W. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto PV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di 13,19 %.
Posizionamento: 36 pannelli fotovoltaici sono stati installati sul tetto piano, inclinati di 10° e orientati a Sud
Certificazione ambientale: i pannelli fotovoltaici *KPV 240 PE* e *22 Holleis Lotus G2* non sono provisti di certificazione ambientale nel 2013



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Il *comfort* interno degli utenti è garantito da strategie passive e sistemi attivi di riscaldamento e raffrescamento. Per massimizzare il guadagno termico solare invernale e minimizzare il surriscaldamento estivo, il prototipo è previsto di un involucro in tessuto semi-trasparente in PTFE (Politetrafluoroetilene), che avvolge le quattro facciate dell'edificio; di aggetti orizzontali e frangisole che permettono l'irraggiamento a seconda dell'orientamento stagionale del sole; di pareti vegetali che creano dei microclimi nei due patii orientati Nord e Sud grazie al processo di traspirazione delle piante. Per quanto riguarda i sistemi attivi, vi sono presenti un sistema HVAC *(Heat Ventilation and Air Conditioning),* un recuperatore di energia ERV *(Energy Recovery Ventilator)* fornisce un flusso controllato di aria fresca (calore e umidità vengono trasferiti tra aria fresca e aria viziata per risparmiare energia), un sistema di recupero di calore dal piatto della doccia.

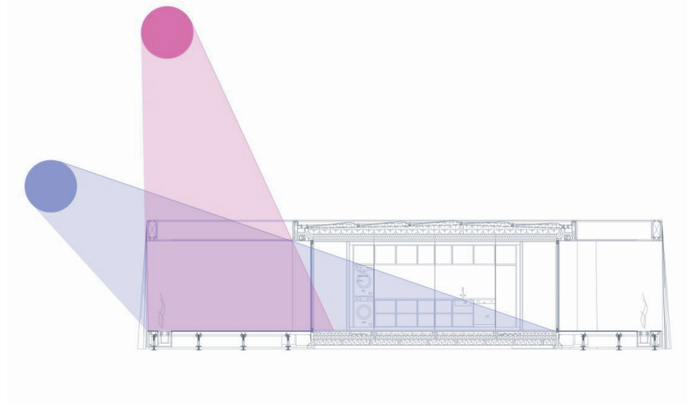
9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Il team ha progettato due sistemi di raccolta dell'acqua piovana in corrispondenza delle due pareti vegetali sul fronte Sud e sul fronte Nord.

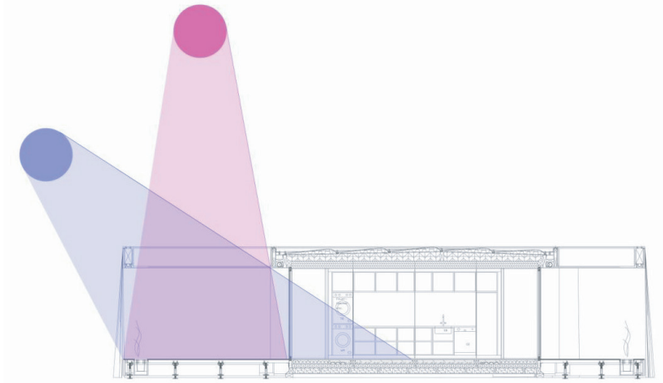
10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano e non ha previsto nessun sistema di compostaggio di alcun tipo di rifiuto organico.

Inclination of sun in winter and in summer in Vienna, Austria



Inclination of sun in winter and in summer in Irvine, Californi



2015–Progetto SURE HOUSE – Sustainable+Resilient House

Team Stevens Institute of Technology

Fonte immagine: https://i.pinimg.com/originals/b4/41/74/b441740d5593fab48e815a071e126b0e.jpg

Website di riferimento:
https://surehouse.org/
https://www.solardecathlon.gov/2015/

Budget totale: 340 000 $ (306 645 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2015). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i *team* partecipanti con 100 000 $.

Obiettivo del team: è di creare una casa solare per le regioni costiere, sostenibile e resiliente, con un limitato consumo di energia e che assicura protezione dalle catastrofi naturali sempre più estreme e (esempio l'uragano Sandy del 2012) causate dall'cambiamento climatico. La SURE HOUSE di basa su tre concetti guida: utilizzare il 90% in meno di energia rispetto ad una casa americana standard; produrre l'energia necessaria per il funzionamento del prototipo da fonte solare; assicurare l'alimentazione elettrica durante i blackout causati dalle condizioni climatiche estreme.

Concept progettuale: si basa su tre linee guida: l'aggregazione tra volumi chiusi (adibiti a zona notte e servizi) e spazi semi-aperti (terrazzo e portici); il rapporto continuo tra interno ed esterno con diversi orientamenti visivi; il delicato equilibrio nell'accostare materiali vernacolari, che si ispirano alla cultura e tradizione delle regioni costiere del New Jersey, e materiali tecnologici durevoli ed innovativi.

Dov'è ora il progetto: attualmente il progetto si trova al *Liberty Science Center di New York*, nell'area museale dedicata alla sostenibilità edilizia come mostra permanente aperta al pubblico.

Risultati della competizione e del Team Stevens Institute of Technology

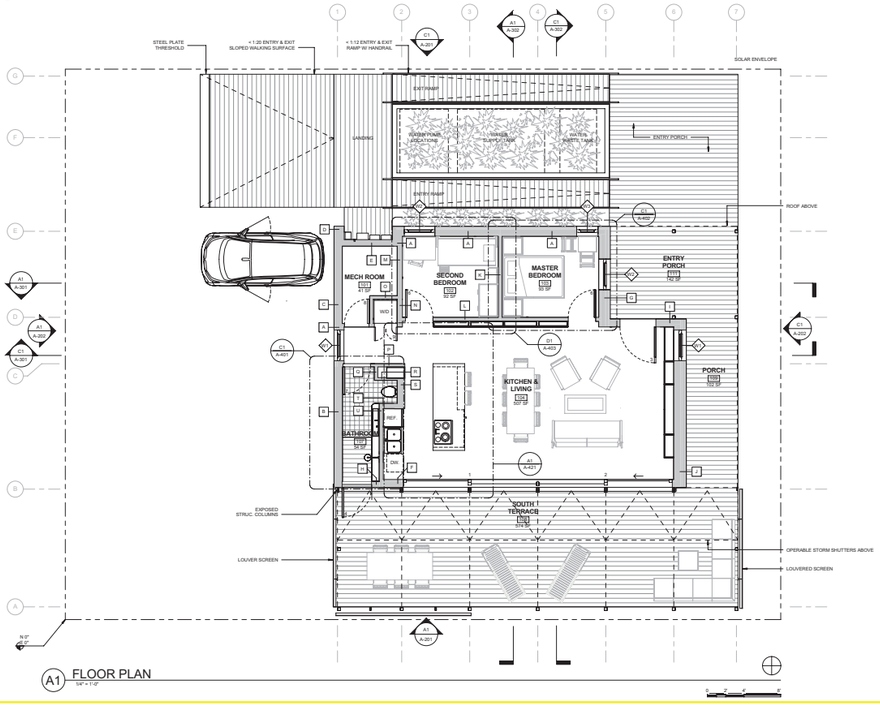
Tabella G: Classifica generale SD 2015

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Stevens	950,685
2°	University at Buffalo	941,191
3°	Cal Poly	910
4°	Texas/Germany	887,034
5°	Missouri S&T	878,726
6°	Clemson	851,461
7°	UC Davis	843,410
8°	Crowder/Drury	842,920
9°	Team Orange County	838,456
10°	Sacramento State	782,273
11°	Team NY Alfred	758,758
12°	West Virginia/Rome	732,362
13°	NY City Tech	688,790
14°	Mass/Central America	585,903

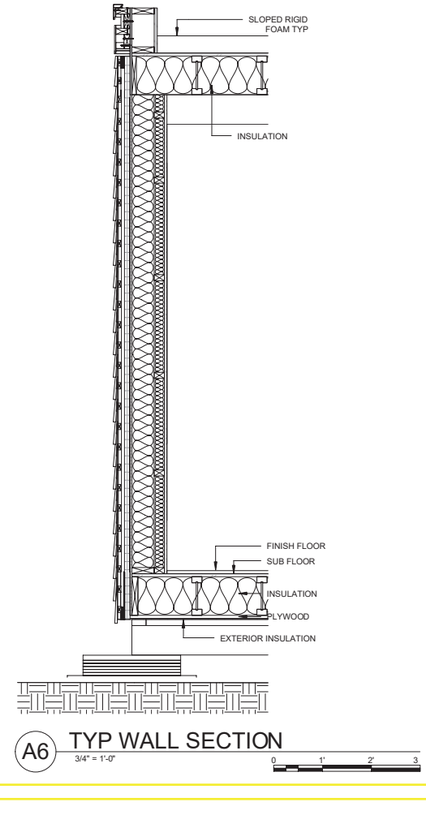
Tabella G.1 : Squadra vincente SD 2015.
Classifica e punteggio per ogni criterio

10 Criteri SD 2015	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	1°	96
2.Attrattiva sul mercato	1°	98
3.Ingegneria	1°	93
4.Comunicazione	1°	91
5.Accessibilità economica	6°	95,922
6.Zona comfort	2°	93,871
7.Elettrodomestici	1°	99,717
8.Vita domestica	1°	100
9.Pendolarismo	T1°	100
10.Bilancio energia elettrica	6°	83,174

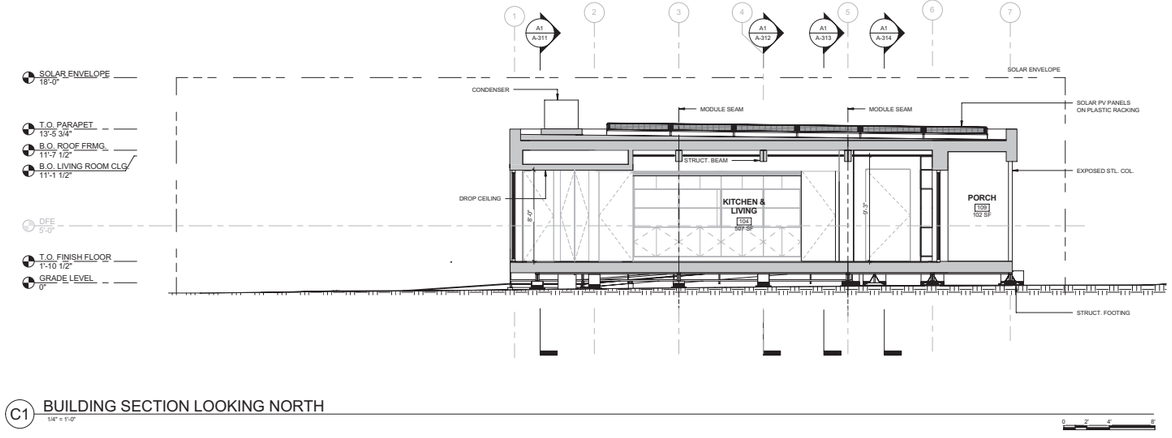
Pianta piano terra



Dettaglio tecnologico



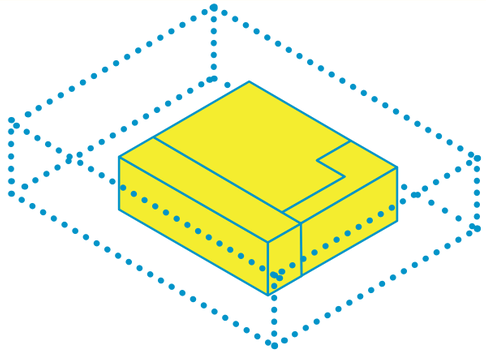
Sezione longitudinale



1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

Solar envelope: 435,54 m²
Superficie netta: 168,82
Ambiente climatizzato: 88,9 m²
Tipologia abitativa: residenziale; casa unifamiliare
Modularità urbana: Il *concept* della struttura si basa sulla composizione dei singoli elementi in tre macro-moduli di lunghezza 4,5 m per facilitare il trasporto e la posa in opera. La scelta di materiali prebabbricati è giustificata da una diminuzione dei tempi di costruzione. Il progetto è un edificio singolo, di un piano, e non è prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2015

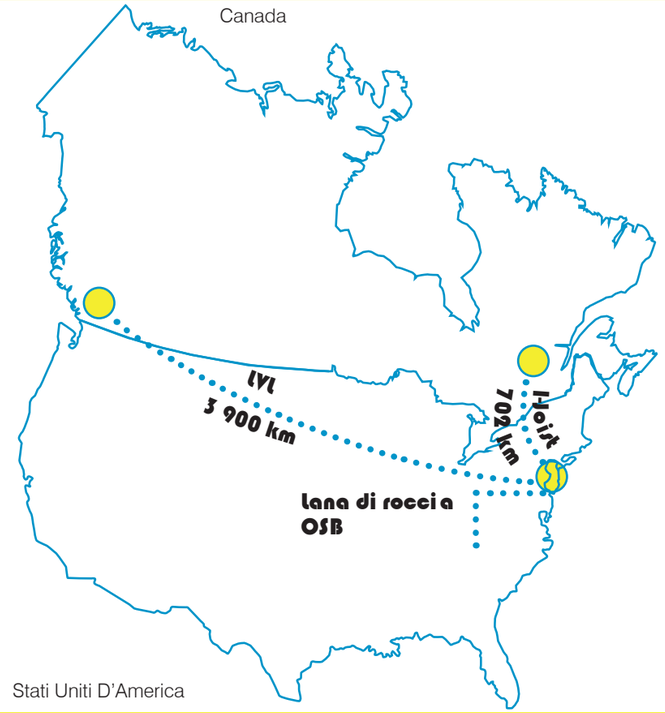


Solar envelope 435,54 m²
Superficie netta 168,82 m²
Superficie massima costruibile 92,9 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=181.7%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

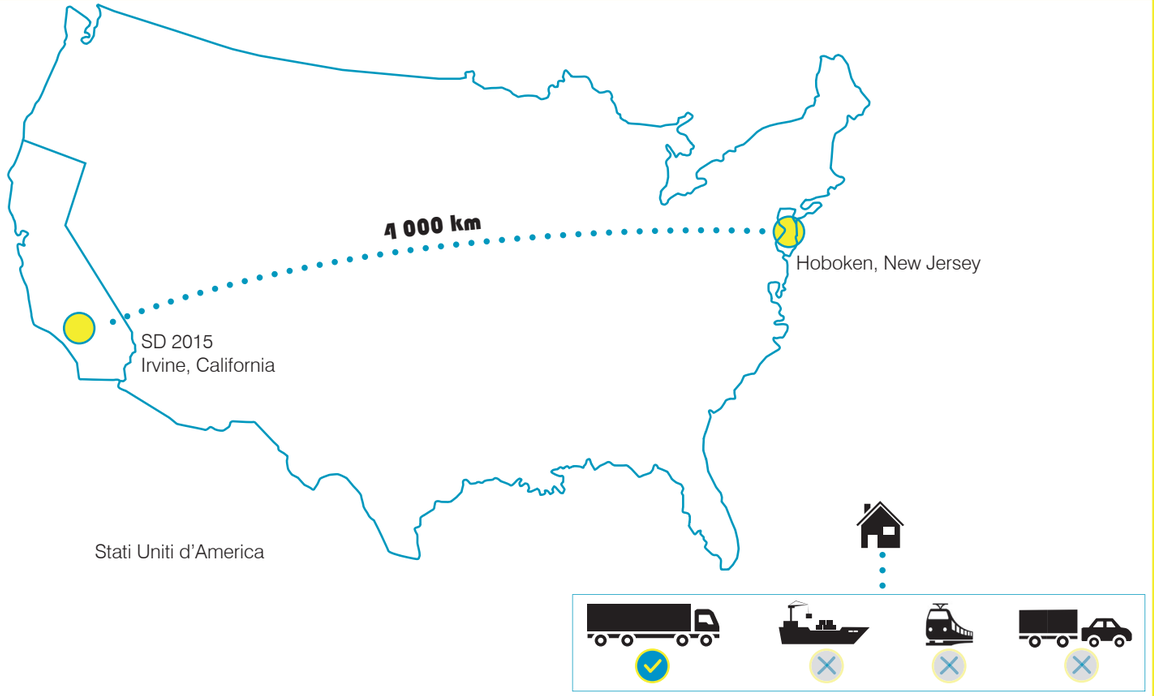
I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa sono il legno ingegnerizzato e l'isolante sintetico. Il legno lamellare LVL (*Laminated Veneer Lumber* - Legno micro lamellare realizzato in piallacci incollati parallelamente) è impiegato nella realizzazione di travi e travetti, il CLT *(Cross laminated timber)* e il OSB (*Oriented Strand Board*-Scaglie di legno incollate) sono utilizzati come pannelli per le partizioni perimetrali mentre *AdvanTech flooring* è un prodotto in legno ingegnerizzato più prestante dell'OSB impiegato per le partizioni orizzontali; le I-joist in LVL e OSB compongono lo scheletro strutturale portante. I pannelli in lana di roccia ad alta densità rivestono le partizioni verticali esterne, mentre quelli a bassa densità rivestono sia le partizioni orizzontali che verticali esterne.
Legno lamellare
Tipologia: travi e travetti in LVL- azienda manifatturiera *West Fraser*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste del Canada
Certificazione: prodotti certificati SFI, PEFC
Tipologia: travi I-joist- azienda *Nordic Structures Inc.*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste del Canada
Certificazione: prodotto certificato PEFC, FSC
Tipologia: pannelli OSB, CLT (ZIP System) e AdvanTech- azienda *Huber Engineered Woods LLC*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste degli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto certificato FSI, EPD
Isolante
Tipologia: pannelli in lana di roccia- azienda *Roxul Inc.*
Provenienza: prodotto negli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto certificato EPD



3. Trasporto-distanza e tipologia

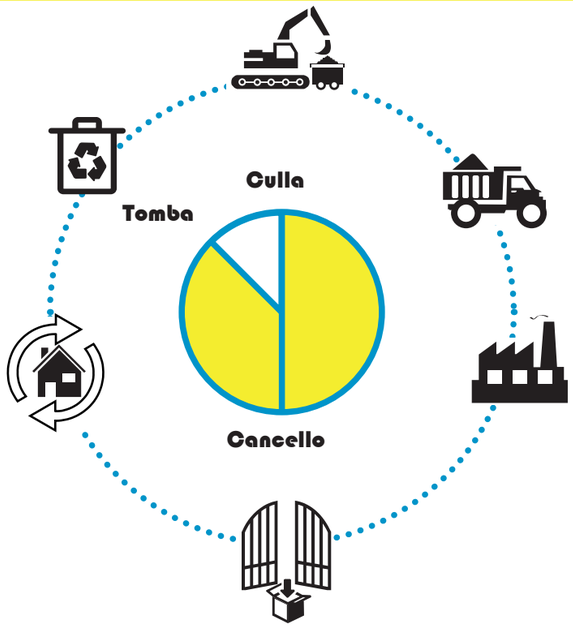
Il prototipo è costruito e testato nel campus universitario *Stevens Institute of Technology,* Hoboken, New Jersey. Successivamente smontato, in macro-moduli e caricati in tre container per essere trasportati su autoarticolati all'*Orange County Great Park* Irvine California, sito della competizione. Il prototipo ha percorso una distanza di circa 8 000 km andata-ritorno.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2015



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

La maggior parte dei materiali costruttivi scelti dal team è certificata sia attraverso processi di etichettatura ambientale (FSC, PEFC, FSI) sia attraverso EPD, che si basa sull'approccio LCA *(Life cycle assesment)* "dalla culla al cancello" e "dalla culla alla tomba".



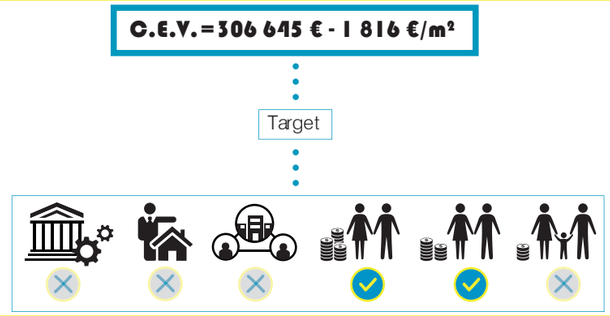
5. Accessibilità economica

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato dalle coppie giovani di liberi professionisti residenti stagionali lungo le regioni costiere
Costo estimativo di vendita: 340 000$ (306 645 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2015). Per identificare la fascia degli ipotetici compratori, il team propone due analisi. La prima identifica un target con un reddito annuo compreso tra 80 000 $ e 125 000 $ mentre la seconda analisi è incentrata sulla stima dei costi di risanamento di case delle aree costiere, costi che variano da 200 000 $ a 250 000 $ esclusi del prezzo di acquisto del terreno che può variare dal 400 000 $ a 665 000 $.

23 https://twitter.com/mattyhick/status/656999751179718656

24 Berkeley LAB, Tracking the Sun, 2019. Fonte: https://emp.lbl.gov/tracking-the-sun

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2015

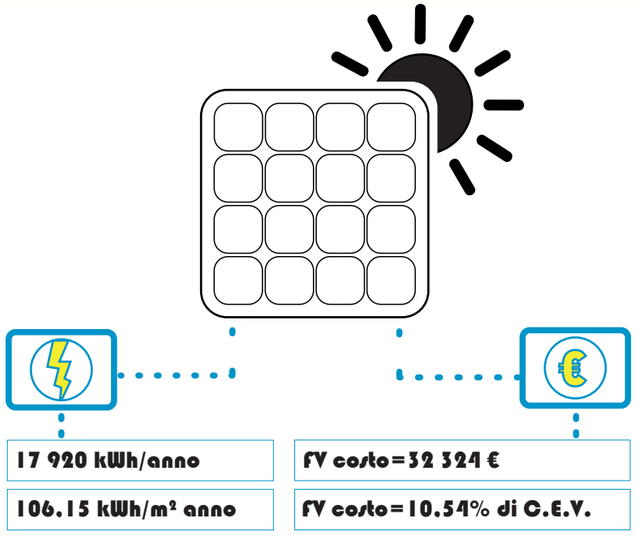


6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Nel 2015 l'organizzazione Solar Decathlon non prevede la premiazione dei prototipi con il premio *People's Choice Award*.[23]

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 32 pannelli *LG MONO - X 280 W,* con un'area totale di 52,48 m² che producono un totale di energia di 8,96 kWp. I pannelli sono montati sul tetto piano. Per garantire la produzione di energia elettrica anche in condizioni climatiche estreme, una fascia di panelli fotovoltaici flessibili BIPV *(Building Integrated Photovoltaic)* è installata sul tavolato scorrevole verticale della facciata Sud. L'unica limitazione imposta dall'organizzazione SD riguardante i sistemi fotovoltaici, fa riferimento al loro posizionamento. I pannelli fotovoltaici non devono eccedere dalla superficie lorda di 92,9 m².
Rendimento kWh/kWp annuo: 17 920 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 2000 kWh/kWp annuo
Produzione di energia kWh/m²anno : 106,15 kWh/m² anno
Posizionamento: 32 pannelli fotovoltaici sono stati installati sul tetto piano, inclinati di 10° e orientati a Sud
Certificazione ambientale: i pannelli *LG MONO - X 280 W* non sono provisti di certificazione ambientale nel 2015
Costo estimativo FV: 35 840 $ (32 324 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2015) per un totale di 8 960 W. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto FV nel settore residenziale nel 2015 stimato da *Berkeley Lab's Tracking the Sun* è di circa 4 $/W.[24] La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di 10,54 %.



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Il *comfort* interno degli utenti è garantito da strategie passive e sistemi attivi di riscaldamento e raffrescamento. Il prototipo è costruito seguendo gli standard Passive Haus. Grazie ad un involucro altamente prestante il fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale e per il raffrescamento estivo è inferiore rispettivamente a 14,5 kWh/m²anno e 16 5 kWh/m²anno. Per massimizzare il guadagno termico solare invernale e minimizzare il surriscaldamento estivo il team ha previsto un sistema di frangisole fisso che racchiude lo spazio semi-aperto esposto a Sud e un sistema di ombreggiamento automatizzato e motorizzato sulla parente vetrata. Per quanto riguarda i sistemi attivi, vi sono presenti un sistema HVAC *(Heat Ventilation and Air Conditioning),* un recuperatore di energia ERV *(Energy Recovery Ventilator)* fornisce un flusso controllato di aria fresca (calore e umidità vengono trasferiti tra aria fresca e aria viziata per risparmiare energia). I sistemi attivi consentono una riduzione dell'energia del 90% circa rispetto ad una casa standard americana di dimensioni simili.

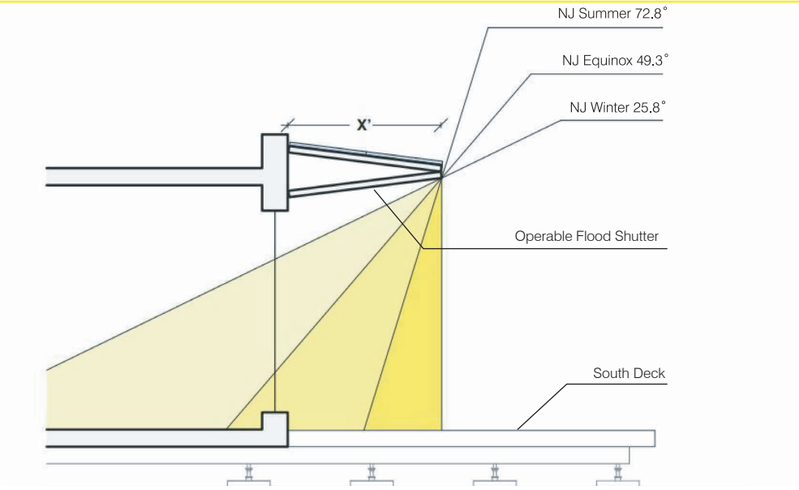
9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Non è prevista nessuna strategia di recupero o raccolta dell'acqua.

10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano e non è previsto nessun sistema di compostaggio di alcun tipo di rifiuto organico.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2015



2017- Progetto NeighborHub

Team Swiss Living Challenge: École Polytechnique Fédérale de Lausanne, School of Engineering and Architecture Fribourg, Geneva University of Art and Design and the University of Fribourg

Fonte immagine: https://www.energy.gov/sites/prod/files/swiss%20team%20house%20solar%20decathlon%202017.jpg

Website di riferimento:
http://www.swiss-living-challenge.ch/en/
https://www.solardecathlon.gov/2017/competition-team-switzerland.html
https://www.smartlivinglab.ch/en/infrastructures/neighborhub/

Budget totale: 4,2 milioni di CHF (circa 3,7milioni €). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 50 000 $.

Obiettivo del team: è di trovare delle soluzioni alle sfide ambientali e sociali della Svizzera e dei Paesi sviluppati attraverso la transizione urbana ed energetica. Il team mira a responsabilizzare le comunità locali a ridurre il consumo energetico e preservare le risorse naturali del Paese; incoraggiare gli abitanti di un quartiere ad adottare comportamenti sostenibili e che possono apprendere nella casa solare del quartiere, il NeighborHub. Quest'ultima è intesa come una piattaforma che diffonde la conoscenza all'interno della comunità attraverso l'approccio «*learning-by-experence*», (imparare attraverso l'esperienza). Permette alle persone di condividere esperienze e conoscere i molteplici mezzi attraverso i quali può essere raggiunta la sostenibilità.

Concept progettuale: NeighborgHub è un laboratorio socio-tecnico con spazi multifunzionali che viene progettato sviluppando i temi dell'energia, della gestione delle acque, della gestione dei rifiuti, della mobilità, dell'alimentazione, dei materiali e della biodiversità. La casa è suddivisa in due macro-ambienti, l'ambiente centrale, Core, con zona giorno e zona notte ed un ambiente semi-aperto con funzione di laboratorio di riparazioni.

Dov'è ora il progetto: attualmente si trova al *blueFACTORY* nella piazza dell'Innovazione di Friburgo, Svizzera. Questo sito ospita lo *Smart Living Lab,* un centro di ricerca e sviluppo per l'ambiente costruito del futuro, che riunisce l'*Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne* (EPFL), la Scuola di Ingegneria e Architettura di Friburgo (HEIA-FR) e l'Università di Friburgo (UNIFR).

Risultati della competizione e del Team Swiss living Challenge

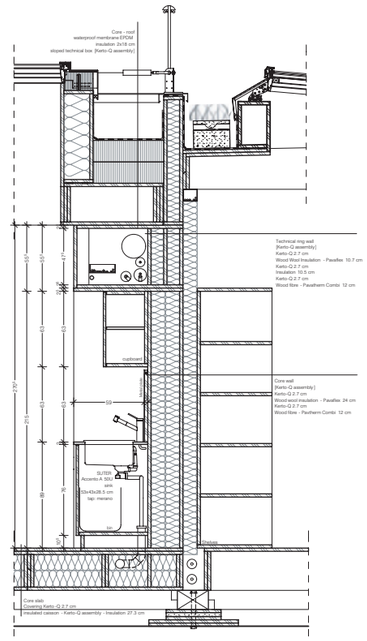
Tabella H: Classifica generale SD 2017

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Swiss Team	872,910
2°	Maryland	822,683
3°	UC Berkeley/U of Denver	807,875
4°	Missouri S&T	758,315
5°	Team Alabama	757,873
6°	Northwestern	750,758
7°	Netherlands	750,275
8°	Las Vegas	748,542
9°	UC Davis	745,152
10°	Wash U - St. Louis	642,888
11°	Team Daytona Beach	532,091

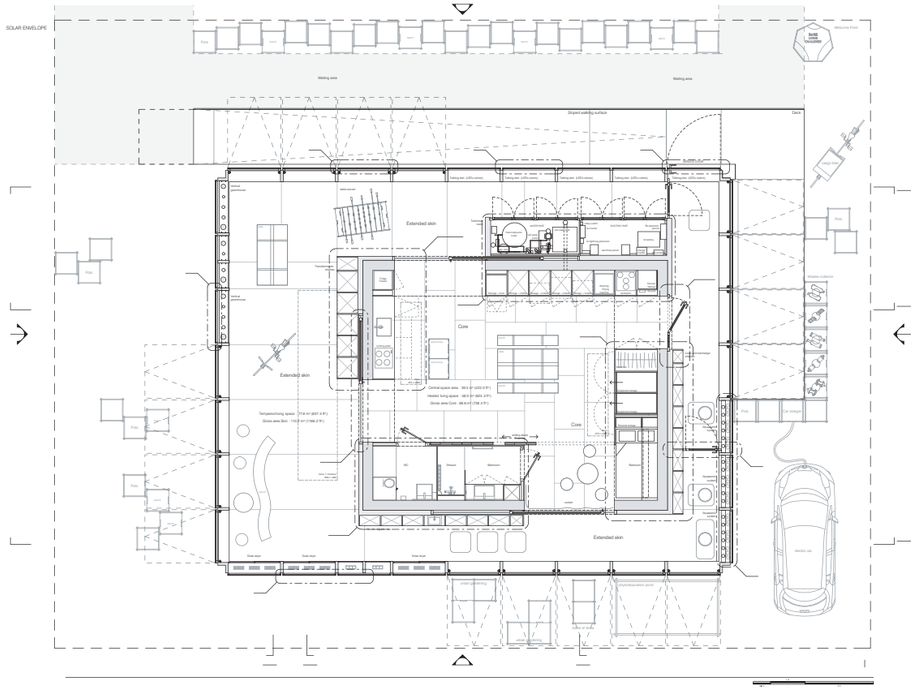
Tabella H.1 : Squadra vincente SD 2017. Classifica e punteggio per ogni criterio

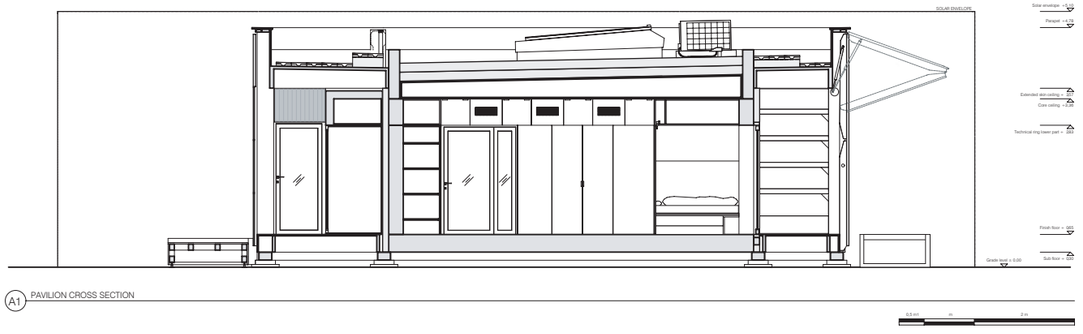
10 Criteri SD 2017	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	1°	100
2.Potenziale di mercato	11°	60
3.Ingegneria	1°	100
4.Comunicazione	3°	75
5.Innovazione	10°	48
6.Acqua	1°	95
7.Salute e comfort	1°	97,165
8.Elettrodomestici	2°	98,259
9.Vita quotidina	1°	99,985
10.Energia	1°	100

Pianta-Sezione-Dettaglio tecnologico



Pianta piano terra

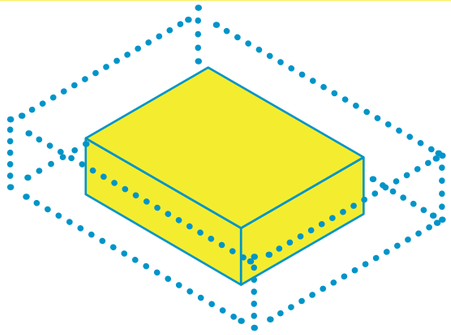




1. Consumo del suolo-tipologia abitativa. modularità urbana

Solar envelope: 435,00 m²
Superficie netta: 250,06m²
Ambiente climatizzato: 71,00 m²
Tipologia abitativa: edificio solare adibito a laboratorio socio-tecnico con spazi multifunzionali.
Modularità urbana: Il *concept* della struttura prevede una modularità interna, ma non a livello urbano. Di conseguenza il progetto è un edificio singolo, di un piano e non viene prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificati.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2017

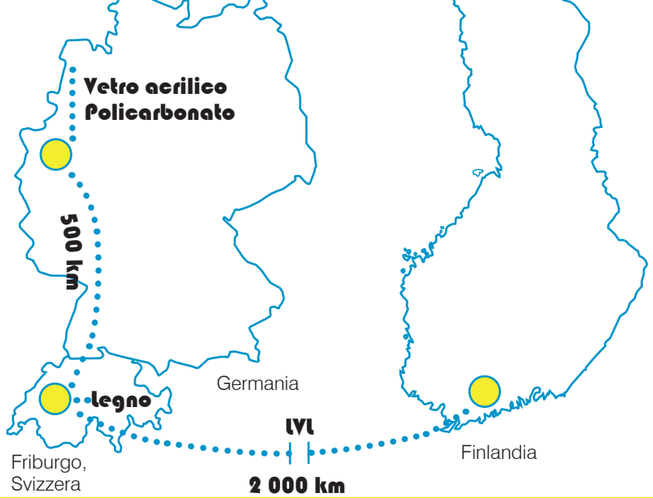


Solar envelope 435,54 m ²
Superficie netta 250,06 m ²
Superficie massima costruibile 250,84 m ²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=99.69%

2. Materiali- tipologia. provenienza. certificazioni ambientali

I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa sono il legno lamellare LVL (*Laminated Veneer Lumber*- legno lamellare impiallacciato) per la parte strutturale, fibra di legno per l'isolamento , il policarbonato e vetro acrilico per le partizioni traslucide e trasparenti in facciata.
Legno lamellare
Tipologia: pannelli strutturali in LVL-azienda *Metsä Wood*
Provenienza: prodotto proveniente dalle foreste primarie della Finlandia 80%, Paesi baltici 8%, Russia 6%, Svezia 67%
Certificazioni: prodotti certificati PEFC, FSC
Tipologia: travi di fondazione in legno lamellare-JPF-azienda *DUCRET SA*
Provenienza: legno proveniente dai boschi della Svizzera
Certificazioni: prodotto certificato FSC
Fibra di legno
Tipologia: pannello in fibra di legno-azienda *Pavatex SA*
Provenienza: residui di legno non trattato da segherie svizzere
Certificazioni: prodotto certificato Natureplus, EPD
Policarbonato e Vetro acrilico
Tipologia: pannello alveolare traslucido e trasparente-azienda *Neomat AG*
Provenienza: prodotto in Germania
Certificazione: prodotto non certificato



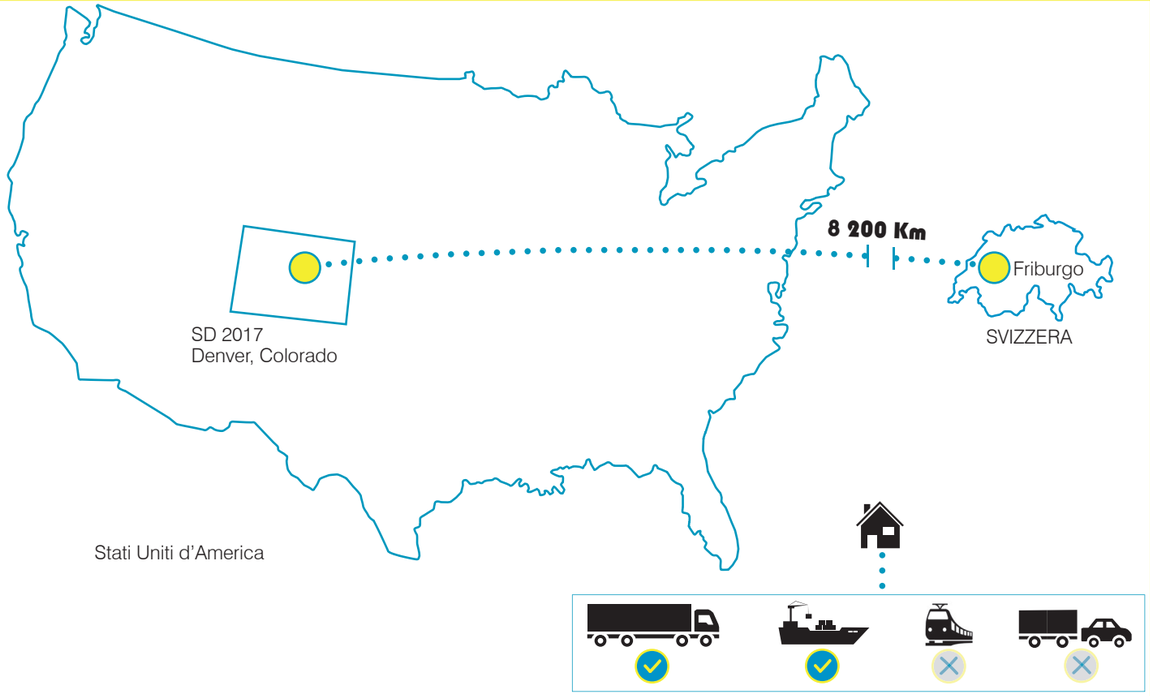
3. Trasporto-distanza e tipologia

Il prototipo è stato assemblato a Friburgo, Svizzera successivamente smontato e trasportato a Denver, Colorado via terra e via mare grazie alla collaborazione del *team* con l'azienda logistica *Kuehne + Nagel*.[25]
Nella progettazione si predilige l'uso di elementi prefabbricati per necessità di trasporto in rispetto delle dimensioni standard di un container e fattibilità di montaggio in fase di competizione. Il prototipo percorre una distanza di circa 20 000 km andata-ritorno con un impatto importante per quanto riguarda le emissioni di gas serra dovuto all'utilizzo di camion e nave da carico.

25 Azienda globale di trasporti e logistica con sede a Schindellegi, in Svizzera. È una delle principali società di logistica del mondo. Suo punto di forza nel mercato sono il trasporto via mare, via aereo, via terra, la contract logistcs, con una grande attenzione all'informatizzazione delle soluzioni di logistica integrata.

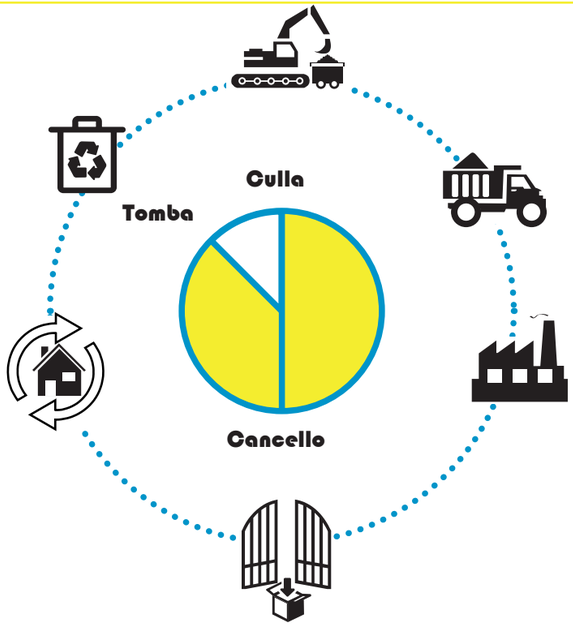
26 Ibidem nota 24

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2017



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

«Il team ha condotto una ricerca sul LCA per confrontare prodotti e soluzioni progettuali locali scegliendo le opzioni più durevoli e sostenibili, garantendo al contempo la sicurezza dell'occupante senza compromettere le prestazioni e la trasportabilità.» (*Project Manual Innovation)*
La fibra di legno utilizzata come isolante è un materiale certificato EPD che valuta gli impatti ambientali del prodotto nell'arco di vita, dalla culla alla tomba, valutando le fasi che vanno dall'estrazione delle materie prime, al trasporto, al processo produttivo, all'imballaggio, all'utilizzo, alla fine del ciclo di vita. L'ente certificatore è l'*Institut Bauen und Umwelt e.V.*

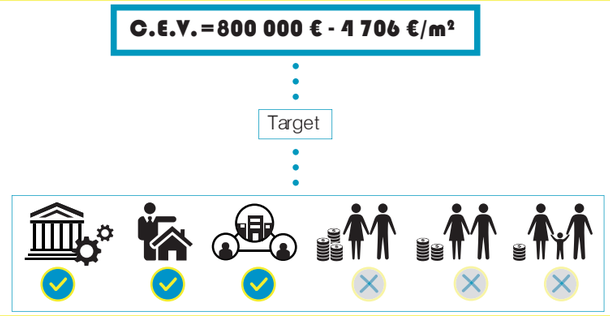


5. Accessibilità economica

27 Ibidem nota 25

Target: Come menzionato all'inizio, questo prototipo non ha una destinazione residenziale di conseguenza il target di riferimento può variare da investitori privati a investitori pubblici quale associazioni e organi amministrativi.
Costo estimativo di vendita: circa 900 000 CHF (circa 800 000 €). Se il prototipo viene prodotto a livello industriale (senza il sistema di climatizzazione e il sistema di sicurezza) il costo stimato è di circa 800 000 CHF (circa 700 000 €). Il costo di gestione è stimato intorno a 100 000 CHF (circa 88 000 €).

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2017

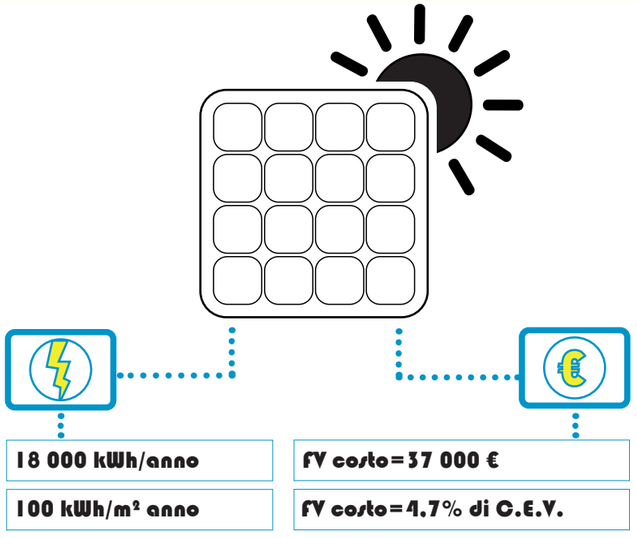


6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Non vincitore del *People' Choice Award,* Solar Decathlon.
Totale voti: 14 500; almeno 2 000 voti non sono stati indirizzati al *Team Swiss Living Challenge,* ma al vincitore *Team Netherlands* con il progetto Selficient (che occupa la posizione numero 7 nella classifica ufficiale Solar Decathlon su un totale di 11 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: Kari Klaus-*"Congratulations to the Netherlands Team and congratulations to everyone for amazing engineering and design work and for inspiring eco and anergy efficient homes for the masses."*

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

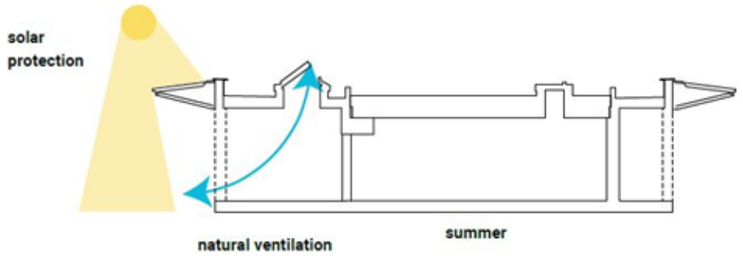
L'impianto fotovoltaico proposto dal *team* è composto da 29 pannelli *SunPower®-X-Series Residential Solar Panels* molto prestanti che coprono un'area totale di 47,27 m^2 e producono un totale di energia di 10 kWp, potenza richiesta dalla competizione. Per garantire la prestazione e la produzione di energia elettrica anche in condizioni di ombreggiamento o neve, per ogni pannello viene installato anche un ottimizzatore di potenza. Il *team* propone uno studio approfondito della modalità di produzione di energia.
Rendimento kWh/kWp annuo: 18 000 kWh all'anno
Produzione energetica kWh/m^2anno: 105,82 kWh/m^2anno
Costo estimativo impianto FV: 41 798 $ (37 000 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2017) per un totale di 10000 W. Il Il prezzo medio globale annuo dell'impianto FV nel settore residenziale nel 2017 stimato da *Berkeley Lab's Tracking the Sun* è di circa 3,7 $/W.[27] La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di 4,6% .
Posizionamento: I pannelli sono stati installati sulle facciate mobili Sud, Est e Ovest
Certificazione: i panelli fotovoltaici SunPower®-X-Series Residential Solar Panels sono certificati EPD (dalla culla alla culla).



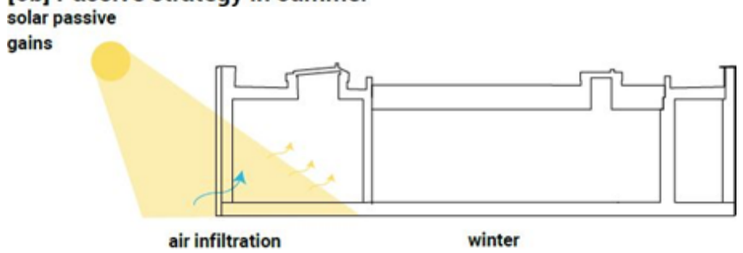
8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Le condizioni di comfort degli utenti sono garantiti dalla strategia progettuale che si basa sulla suddivisione del prototipo in due zone climatiche: “Core” ed “Extended Skin”. Nella zona Core la temperatura, il livello di umidità e il livello di CO2 sono controllati da sistemi meccanici attivi (sistema HVAC), mentre la zona Extended Skin è uno spazio semi-esterno controllato passivamente; il raffrescamento è garantito da una ventilazione naturale incrociata, mentre l’irraggiamento solare è controllato stagionalmente attraverso lo scorrimento verticale delle facciate traslucidi o trasparenti.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD 2017



[6b] Passive strategy in summer

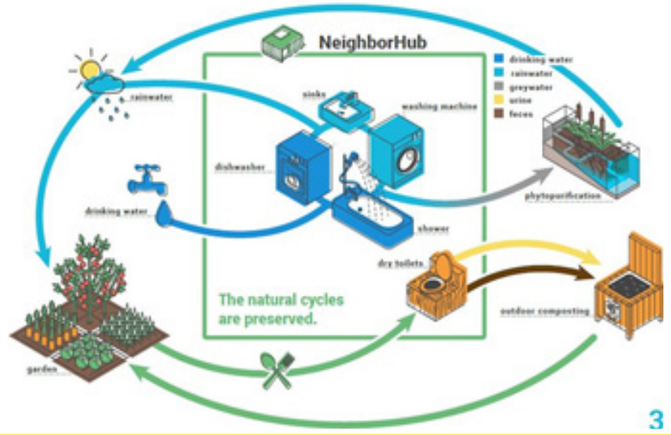


[6a] Passive strategy in winter

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Le strategie di gestione, recupero e riutilizzo dell’acqua sono completamente individuali e non dipendono da un sistema di fognatura urbano. L’acqua utilizzata dagli utenti è recuperata attraverso due metologie. La prima è la fitodepurazione con utilizzo di piante adatte e raccoglie le acque piovane, grige e potabile. La seconda metodologia è il toilette compostante che recupera l’acqua grigia.
Il tetto è stato progettato per consentire la raccolta dell’acqua.
Il team propone anche un sistema intelligente di gestione e monitoraggio dell’acqua in comunicazione con il tablet della casa che consente l’ottimizzazione del consumo. Le strategie di recupero e gestione dell’acqua proposte dal team ha consentito un risparmio del 50%.

Figure 3: NeighborHub's water management



10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Per ridurre il consumo dell’acqua e valorizzare i nutrienti organici, il team ha progettato il proprio sistema di toilette compostante; “I nostri servizi igienici a secco sono costituiti da un'unità di legno con due contenitori. La parte superiore è una vasca rotante e ospita un terreno di canapa abitato da lombrichi (Eisenia fetida). (…) Per evitare un'eccedenza d'acqua che può determinare gli odori sgradevoli, la scatola inferiore raccoglie il percolato che proviene dal substrato superiore del compost. (…) I supporti di paglia e lombrico sono progettati in modo che, dopo 3-4 mesi, siano sostituiti da materia fresca per riavviare un nuovo ciclo.“ Il sistema proposto viene utilizzato a livello urbano nella città di Zurigo in alcuni edifici residenziali costruiti ex novo.

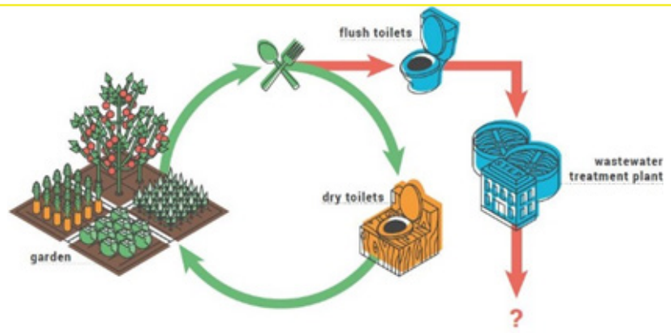


Figure 6: Closing the loop

Conclusioni di fine analisi Solar Decathlon 2002-2005-2007-2009-2011-2013-2015-2017

Quantitative-deduzioni

10 Parametri	SD 2002	SD 2005	SD 2007	SD 2009	SD 2011	SD 2013	SD 2015	SD 2017
1. Consumo suolo (S.n./S.m.c)	92,35%	93,78%	97,28%	99,53%	87,62%	216,40%	181,70%	99,69%
2. Materiali (nazionale/internazionale)	nazionale	nazionale	nazionale	nazionale/estero	nazionale	nazionale/estero	nazionale/estero	nazionale/estero
3.Trasporto (distanza percorsa)	2 400 km	2 000 km	6 000 km	6 000 km	26,6 km	8 200 km	4 000 km	8 200 km
4. LCA	non utilizzato	non utilizzato	non utilizzato	non utilizzato	non utilizzato	utilizzato	utilizzato	utilizzato
5. Accessibilità economica	5 410 €/m²	2 888 €/m²	7 607 €/m²	7 729 €/m²	2 972 €/m²	1 148 €/m²	1 816 €/m²	4 706 €/m²
6. Integrazione (approvazione pubblico)	non vinto	non vinto	non vinto	non vinto	non vinto	non vinto	non organizzato	non vinto
7. FV-kWh/m²anno -posizionamento	157,34 tetto	146,34 tetto	174,27 tetto	425,84 tetto/facciata	169,53 tetto	85,77 tetto	106,15 tetto	100 facciata
8. Comfot passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo
9. Acqua (strategie raccolta/uso)	non utilizzate	non utilizzate	non utilizzate	non utilizzate	uttilizzate	utilizzate	non utilizzate	utilizzate
10. Gestione rifiuti (strategie alternative)	non utilizzate	parziale	non utilizzate	non utilizzate	utilizzate	non utilizzate	non utilizzate	utilizzate

Qualitative-riflessioni e deduzioni

I progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon americano sono svolgono le seguenti funzioni:

2002 – il prototipo è stato acquistato da un cittadino privato di Golden, Colorado allo scopo di integrare il prototipo nella sua abitazione e riutilizzare gli impianti proposti dal team.

2005 – il prototipo utilizzato come residenza privata è stato acquistato all'asta da un cittadino e attualmente si trova a Provo, Utah.

2007 – il prototipo di proprietà dell'Università di Darmstadt, attualmente dismesso si trova su un'isoletta di Phoenix a Dortmund, Germania. Dopo la competizione veniva utilizzato come prototipo per lo sviluppo di tecnologie energetiche rinnovabili e come modello di adeguamento di vecchi edifici del campus Solar Lichtwiese.

2009 – attualmente di proprietà dell'Università di Darmstadt, si trova nel campus Solar Lichtwiese. L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico (il doppio del fabbisogno energetico della casa) è trasmessa alla rete elettrica nazionale.

2011 – la casa è aperta al pubblico dal 2014 per visite guidate. Attualmente si trova nel parco sostenibile di Rockville, Maryland, proprietà della compagnia elettrica Pepco (sponsor degli impianti fotovoltaici del prototipo) e che fornisce elettricità al Maryland.

2013 – la casa è aperta al pubblico per visite guidate. Attualmente si trova nel villaggio Blaue Lagune di Vienna, un villaggio modello per il vivere sostenibile (che riceve circa 150 000 visite l'anno).

2015 – l'edificio è aperto al pubblico per visite. Attualmente si trova nell'are museale di New York dedicata alla sostenibilità edilizia.

2017 – l'edificio è utilizzato per ulteriori ricerche in ambito energetico. Attualmente si trova al blueFactory, al centro di ricerca e sviluppo per l'ambiente costruito del futuro, Smart Living Lab, Friburgo in Svizzera.

Tra i prototipi vincitori solo due edifici su otto sono stati acquistati da acquirenti privati e utilizzati come residenze, mentre i restanti sei sono impiegati nell'ambito della ricerca per ulteriori ricerche e miglioramenti degli impianti energetici e aperti al pubblico per visite guidate.

La particolarità delle proposte progettuali è rappresentato dal: SUREhouse 2015, una casa solare per le regioni costiere, sostenibile e resiliente, con un limitato consumo di energia e che assicura protezione dalle catastrofi naturali sempre più estreme (esempio l'uragano Sandy del 2012) causate dall'cambiamento climatico; e dall'edificio NeighborgHub 2017 inteso come un laboratorio socio-tecnico con spazi multifunzionali che viene progettato sviluppando i temi dell'energia, della gestione delle acque, della gestione dei rifiuti, della mobilità, dell'alimentazione, dei materiali e della biodiversità.

Per quanto riguarda invece le analisi attraverso i dieci parametri, emergono due diverse tipologie di approccio: il primo rappresentato dai progetti realizzati dalle squadre americane (2002, 2005, 2011, 2015), che tendono a realizzare case prefabbricate unifamiliari composte da elementi macro-modulari pronti ad essere assemblati nel sito e occupano il 90% circa della superficie di costruzione, (75 m² superficie di costruzione consentita dalla competizione) e a utilizzare materiali quali legno ingegnerizzato per la parte strutturale, provenienti dagli Stati Uniti, ma non certificato da enti certificatori. L'aspetto economico occupa una posizione importante dal 2011 al 2015, quando viene inserito il criterio "Accessibilità economica" a sostituire il "Potenziale di mercato" dove le squadre guadagnano 100 punti per aver raggiunto un obiettivo di costo di costruzione di 250 000 $ o meno; una scala a punti scorrevoli è stata poi applicata alle case con costi di costruzione stimati tra 250 001 $ e 600 000 $, mentre le case con costi stimati superiori a 600 000 $ avrebbero ricevuto zero punti. In queste

edizioni i prezzi di vendita dei prototipi tendono a rispettare i limiti imposti dalla competizione e la media del prezzo di vendita dei tre progetti vincitori americani si aggira intorno a circa 280200 € (3 730 €/m²) per una casa di 75 m² rispetto ai prezzi di vendita mediani delle case vendute negli Stati Uniti d'America che variano dai 200 200 € e 201 685€ (nel 2002) , ai 187185 € e 196 120 € (nel 2005) a un *taget* della popolazione (stimato dai team nel Project Manual) con un reddito annuo compreso tra 53 940 € - 82 710 € (nel 2011) e un reddito compreso tra 72150€ e 112 730 € (nel 2015). Dai dati emerge che i prototipi sono orientati verso fasce della popolazione dal reddito medio-alto e alto indipendentemente da quanto dichiarato dai team.

Il secondo approccio è rappresentato dai progetti vincenti europei (2007, 2009, 2013, 2017) che sono case unifamiliari realizzati in elementi prefabbricati singoli, da assemblare nel sito della costruzione. I prototipi tendono a utilizzare circa il 140% della superficie di costruzione concessa dall'organizzazione poiché aggiungono spazi porticati o terrazzi adiacenti agli ambienti abitati. I principali materiali utilizzati nella costruzione sono in legno ignegnerizzato e altri materilai sintetici acquistati o sponsorizzati da aziende multinazionali, provenienti anche da confini esteri e la maggior parte sono certificati attraverso ettichettature di tipo I, II e III secondo le norme UE. Inoltre alcuni proptotipi (2009 e 2011) sono certificati anche da enti certificatori.

La modalità di valutazione dell'aspetto energetico varia nelle edizioni a livello di regolamento. La tendenza è di aumentare la produzione di energia dell'impianto fotovoltaico per soddisfare il fabbisogno energetico (ad oggi i regolamenti Solar Decathlon americani impongono un impianto di 10 kWp) e di rendere efficiente il consumo dell'energia. Data l'importanza conferita a questo parametro nelle edizioni americane, in base alle analisi effettuate si denota la tendenza delle squadre vincenti di prestare particolare attenzione alla scelta dell'impianto fotovoltaico e solare sulla base della sua prestazione ed efficienza. Le squadre vincenti tendono a utilizzare impianti fotovoltaici molto performanti, con un'efficienza di circa 21-23% che consente di massimizzare la produzione di energia anche in condizioni non ottimali e ridurre l'area occupata dai pannelli fotovoltaici. Il fattore integrazione, richiesto dalla competizione, tra impianto fotovoltaico e design del prototipo è molto curato e le squadre partecipanti tendono a utilizzare le celle fotovoltaiche BIPV *(Building Integrated Photo Voltaic)* come componenti di rivestimento esterno.

Il parametro "Trasporto" evidenzia come la maggior parte dei progetti vincitori proviene da paesi oltreoceano che utilizzano due tra i più inquinanti mezzi di trasporto, la nave da carico e autotreni o autoarticolati. In alcuni casi i team hanno prestato attenzione alla riduzione dell'uso di combustili e l'utilizzo di combustibile alternativo biocompatibile, come nel caso del progetto BioS(h)IP 2005 oppure hanno collaborato con le ditte di trasporto per tracciare una rotta più diretta al fine di minimizzare il consumo di combustibile e le emissioni in ambiente con nel caso di NeighborgHub 2017.

Nessuno degli otto progetti vincitori non ha vinto anche il premio *People's Choice Award,* con il quale si identifica l'accettabilità da parte del pubblico.

Il parametro "Comfort (strategie attive/passive)" consente di evidenziare come le condizioni ottimali di comfort interno (temperatura, umidità relativa, qualità dell'aria) richieste dal regolamento sono affidate ai sistemi meccanici attivi, alimentati dall'energia proveniente dagli impianti fotovoltaici. Come richiesto dalla competizione, le squadre prevedono anche sistemi passivi di guadagno termico, ma a causa della loro specificità climatica spesso non sono adeguati al sito della competizione, in quanto progettati nelle condizioni climatiche di provenienza, di conseguenza non è garantita la loro efficacia durante la competizione.

Dal parametro "Acqua" emerge che solo tre squadre vincenti su otto fanno uso di strategie di recupero e riutilizzo di acqua integrate al prototipo. Inoltre le strategie di riutilizzo fanno affidamento a sistemi prestanti alimentati da energia elettrica, come del caso di purificazione a raggi UV combinati a sistemi naturali di fitodepurazione, dove il processo di depurazione delle acque di scarico avviene in un bacino impermeabilizzato riempito con materiale ghiaioso e da piante che emergono in superficie. Uno studio molto approfondito sulla gestione, recupero e riutilizzo delle acque viene fatto dal team svizzero 2017, dove utilizzano anche un sistema elettronico di gestione dell'acqua al fine di minimizzare i consumi.

La gestione dei rifiuti rimane uno dei parametri più critici nell'edizione Solar Decathlon americane. Solo tre squadre utilizzano strategie di recupero di rifiuti organici domestici e una sola squadra, team svizzero 2017, prevede anche un sistema alternativo allo standard sistema fognario urbano di gestione dei rifiuti organici basato un sistema a secco che utilizza un processo di trattamento e recupero delle acque reflue per l'irrigazione e trasformazione dei rifiuti organici solidi in fertilizzante, sistema già utilizzato e funzionante, in un condominio a Zurigo, Svizzera.

2010– Progetto LumenHAUS

Team Virginia Tech - Virginia Polytechnic Institute & State University

Fonte immagine: https://zahner.imgix.net/e74bfc86-8af1-44f8-ba85-e5dff06b78ea/lumenhaus-casa-luz.jpg?fit=min&q=50&w=2880

Website di riferimento:
https://building-competition.org/EU2010/VGT
https://lumenhaus.com/about/index.html
https://www.solardecathlon.gov/international-europe.html
http://www.sdeurope.org/wp-content/uploads/downloads/2011/10/SOLAR-DECATHLON-EUROPE-2010.pdf

Budget totale: 300 000 €. L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 100 000 €.

Obiettivo del team: è di affrontare le questi energetiche attraverso l'utilizzo intelligente dell'energia, sfruttando il più possibile l'irraggiamento solare, e di esplorare nuove idee sull'edilizia residenziale. La linea guida progettuale è la Responsive Architecture-Architettura reattiva,[28] che intreccia design e tecnologia, conservazione e innovazione. LumenHAUS, dichiara il team, è una casa provocatoria per un mercato conservatore, le linee guida progettuali traggono ispirazione dalla polemica di Daniel Burnham: *"Make no small plans, they fail to stir the hearts of men."* [29]

Concept progettuale: si basa sull'idea del padiglione vetrato, a diretto contatto con la natura, un dichiarato riferimento alla *Farnsworth house* di Ludwig Mies van der Rohe, una forma architettonica che sfrutta passivamente l'energia solare e permette l'integrazione con i sistemi attivi, Una casa che risponde alle mutevoli condizioni ambientali e alle esigenze degli utenti.

Dov'è ora il progetto: attualmente il prototipo si trova nel campus universitario della *Virginia Polytechnic Institute and State University* a Blacksburg, Virginia e può essere visitato su prenotazione.[30]

Risultati della competizione e del Team Virginia Tech

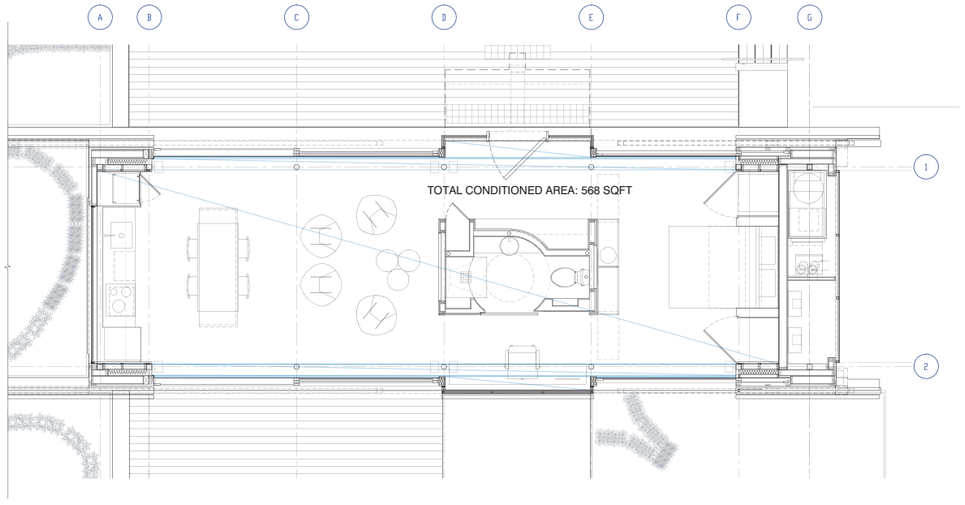
Tabella 1: Classifica generale SDE 2010

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Virginia Polytechnic Institute & State University	812
2°	University of Applied Sciences Rosenheim	811
3°	Stuttgart University of Applied Sciences	808
4°	Ecole National Supérieure d'architecture de Grenoble	794
5°	Helsinki University of Technology	777
6°	Bergische Universität Wuppertal	773
7°	Arts et Métiers Paris Tech	763
8°	University of Florida	743
9°	Universidad CEU Cardenal Herrera	737
10°	Fachhochschule fur Technik und Wirtschaft Berlin	729
11°	Tongji	683
12°	Universidad de Sevilla	678
13°	Universidad Politécnica de Cataluña	668
14°	Universidad de Valladolid	648
15°	University of Nottingham	641
16°	Tianjin University	585
17°	Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña	583

Tabella 1.1: Squadra vincente SDE 2010.
Classifica e punteggio per ogni criterio

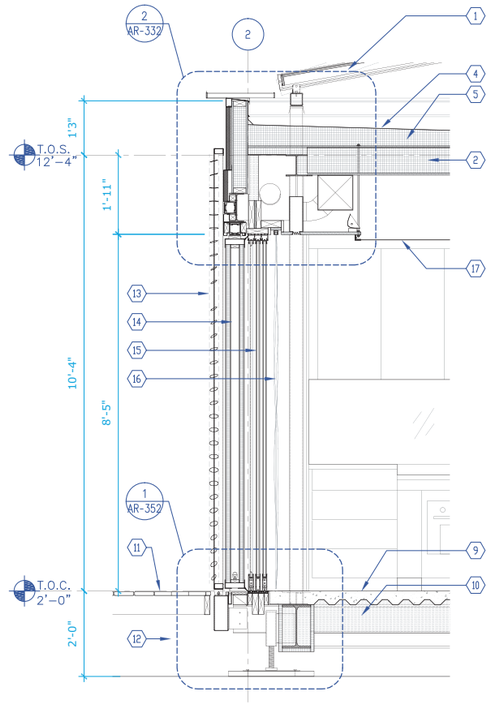
10 Criteri SDE 2010	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	1°	120
2.Ingegneria e costruzioni	13°	51
3.Impianto solare e Acqua calda	4°	67
4.Bilancio energia elettrica	4°	114,74
5.Condizioni di comfort	3°	99,61
6.Elettrodomestici	4°	113,39
7.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	2°	68,8
8.Industrializzazione e Attrattiva sul mercato	3°	60,3
9.Innovazione	8°	42
10.Sostenibilità	16°	70
Punti Bonus e Penalità		5

Pianta piano terra



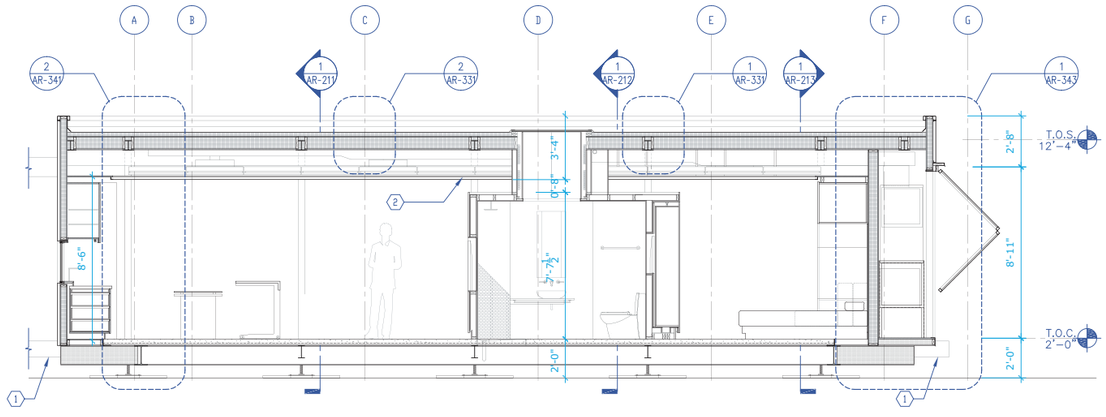
1 AR-051 CONDITIONED SPACE PLAN
SCALE: 1/4" = 1'-0"
0 10 20 30

Dettaglio tecnologico



1 AR-341 WALL SECTION
SCALE: 1/2" = 1'-0"

Sezione longitudinale



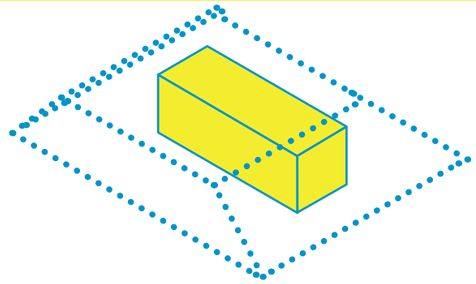
1 AR-201 LONGITUDINAL SECTION - NORTH
SCALE: 1/4" = 1'-0"
0 5 10 15

1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

28 Architettura reattiva è un campo in continua evoluzione della pratica e della ricerca architettonica. I principi progettuali delle architetture reattive si basano sulla misurazione delle condizioni ambientali reali, grazie alla presenza di sensori installati negli ambienti interni, per consentire agli edifici di adattare la loro forma, colore o carattere in modo reattivo.

Solar envelope: 493,75 m²
Superficie netta: 74 m²
Ambiente climatizzato: 52,77 m²
Tipologia abitativa: residenziale - casa unifamiliare o bifaliliare
Modularità urbana: Il *concept* della struttura prevede una modularità a livello urbano. Il progetto è un edificio singolo, di un piano che può essere unito o associato ad un altro modulo per un massimo di due piani per garantire lo spazio necessario per una famiglia di più di due componeneti.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2010



Solar envelope 493,75 m ²
Superficie netta 74 m ²
Superficie massima costruibile 150 m ²

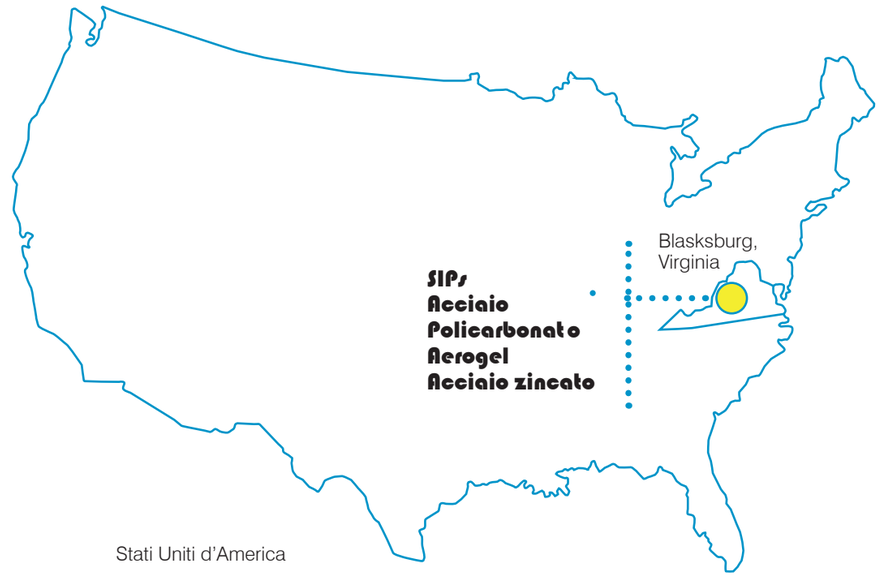
Rapporto % (S.n./S.m.c.)=49.33%

29 Daniel Hudson Burnham, architetto statunitense (1846-1912) insieme a John Wellborn Root, suo socio, svolgono un ruolo importante nello sviluppo del movimento "Scuola di Chicago" e realizzano alcune opere rilevanti per la sperimentazione delle nuove tecniche costruttive in acciaio e vetro, tra cui Flat Iron Building, a New York, 1902. Charles Moore nel suo libro (Daniel H. Burnham, Architect, Planner of Cities, Volume Two, Houghton Mifflin Company, Boston and New York, 1921, p.147 https://archive.org/stream/danielhburnhamar02moor#page/n7/mode/2up) cita una famosa frase dell'architetto, diventata il motto degli urbanisti nel tempo: "Make no little plans; they have no magic to stir men's blood and probably themselves will not be realized. Make big plans; aim high in hope and work; remembering that a noble, logical diagram once recorded will never die, but long after we are gone will be a living thing, asserting itself with ever-growing insistency. Remember that our sons and grandsons are going to do things that would stagger us. Let your watchword be order and your beacon beauty."

30 https://vtnews.vt.edu/articles/2012/01/011312-caus-lumenhausaia.html

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

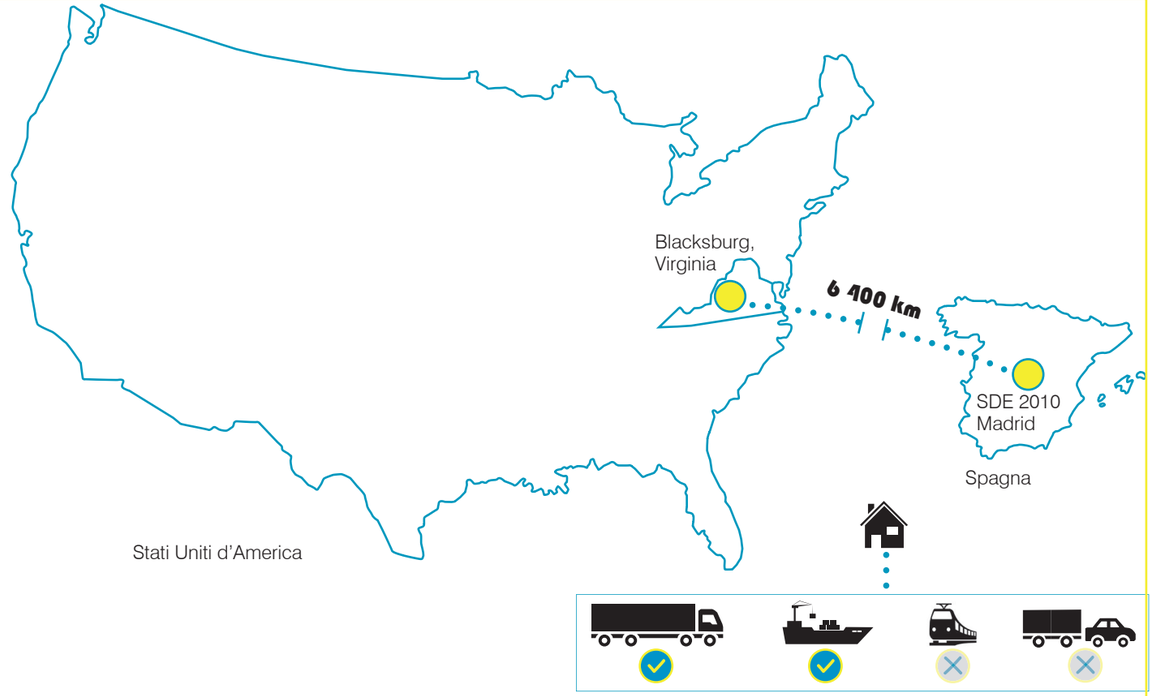
I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa sono: l'acciaio per lo scheletro strutturale; i pannelli SIPs *(Structural Insulated Panels)* composti da due starti di pannelli OSB (pannelli di scaglie di legno orientati) e uno strato di polistirolo espanso EPS, utilizzati nella realizzazione delle pareti esterne orizzontali e verticali; i pannelli isolanti traslucidi in policarbonato riempiti con isolante in aerogel; l'acciaio zincato traforato a taglio laser per il rivestimento esterno dei due pannelli scorrevoli lati Nord e Sud.
Acciaio
Tipologia: travi e pilastri, profilo IPE, profili tubolari, rettangolari e angolari - azienda manifatturiera *United Steel Inc.*
Provenienza: acciaio prodotto in Manchester, Connecticut, Stati Uniti d'America
Certificazioni del prodotto: prodotto non certificato nel 2010
SIPs
Tipologia: pannelli strutturali composti OSB e EPS- fornitore *AFM Corporation*
Provenienza: prodotto dall'azienda manifatturiera *R-Control* negli Stati Uniti d'America e distribuito da *AFM Corporation* con sede a Lakeville Minnesota
Certificazione: prodotto non certificato nel 2010
Policarbonato
Tipologia: pannello - azienda manifatturiera non specificato
Provenienza: non specificato
Certificazione: prodotto non certificato nel 2010
Isolante
Tipologia: aerogel-nanogel riempitivo - azienda manifatturiera *Cabot Corporation*
Provenienza: prodotto a Boston, Massachusetts, Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2010
Acciaio zincato



3. Trasporto-distanza e tipologia

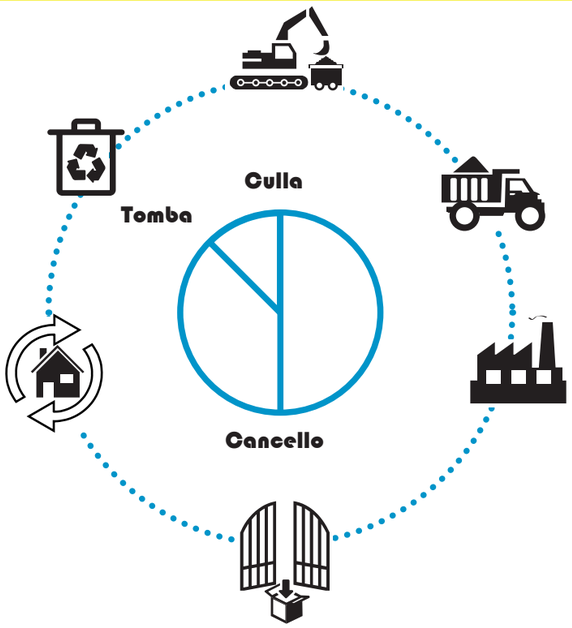
Il prototipo è costruito nel campus del *Virginia Polytechnic Institute & State University* in Blacksburg, Virginia. Il prototipo è progettato per poter essere prefabbricato e trasportato direttamente al sito, attraverso l'impiego di un unico camion a rimorchio basso, lowboy trailer, pronto per essere ancorato al suolo. Per potere essere trasportato fino al sito della competizione SD Europe, il prototipo viene smontato in più elementi e caricati in container e trasportati via terra e via mare. La distanza percorsa è di 12 800 km andata-ritorno da Blacksburg, Virginia al *Villa Solar*, Madrid, Spagna.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2010



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Nessun elemento strutturale costruttivo è certificato LCA.

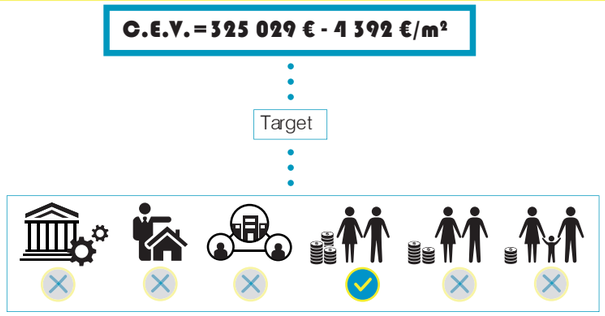


5. Accessibilità economica

31 T. Diaz Ladera, Personal Fabrication: Fab Labs as Platforms for Citizen-Based Innovation, from Microcontrollers to Cities, in Nexus Network Journal 14 (3), October 2012. Fonte:https://www.researchgate.net/publication/257314850_Personal_Fabrication_Fab_Labs_as_Platforms_for_Citizen-Based_Innovation_from_Microcontrollers_to_Cities

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato da una coppia giovane con età comprsa tra 25-30 anni oppure una coppia con età compresa tra 55-70 anni con un reddito di 150 000 $ (113 382 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2010)
Costo estimativo di vendita: 230 000 € sul territorio americano e 430 000 $ (325 029 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2010) sul territorio europeo. Il team propone uno studio per stabilire il prezzo medio delle case unifamiliari negli Stati Uniti d'America e il reddito medio di coloro che possiedono una casa dal valore simile, sulla base dei dati dell'*Housing Affordability Index* statunitense. Questi dati sono successivamente confrontati con quelli di alcuni città europee tra cui Germania, Spagna, Regno Unito per stabilire l'effettiva accessibilità economica del prototipo LumenHAUS in ognuno dei paesi indicati.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2010



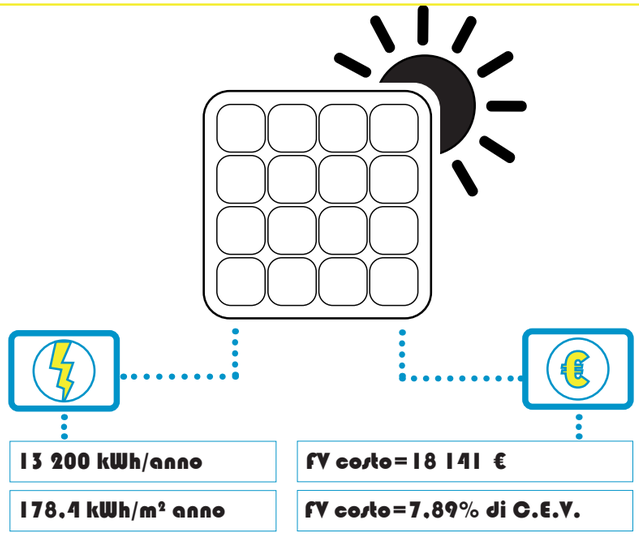
6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Non vincitore del *People's Choice Award,* Solar Decathlon Europe 2010.
Totale dei voti: totale voti non specificato per il vincitore del premio *People's Choice Award* per il progetto Fab Lab House del *Team Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña*[31] (che occupa la posizione numero 17 nella classifica ufficiale Solar Decathlon Europe su un totale di 17 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: *"It's a very good and educational video I love that break paradigms I wish we could join efforts because the path we have taken in Bolivia with this type of concepts we see them working good years with what is bio architecture, bioclimatism and now fractal architecture and / or parametric now we are with the project Feb Lab Green house in Bolivia. Congratulations"*

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

32 Ø. Kleven, H. Persson, C. Good, W. Sulkowski and T. Boström, Solar cells above the arctic circle – a comparison between a two-axis tracking system and simulations, Conference paper 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference (EUPVSEC), at Hamburg, September 2009. Fonte:https://www.researchgate.net/publication/267382605_SOLAR_CELLS_ABOVE_THE_ARCTIC_CIRCLE_-_A_COMPARISON_BETWEEN_A_TWO-AXIS_TRACKING_SYSTEM_AND_SIMULATIONS

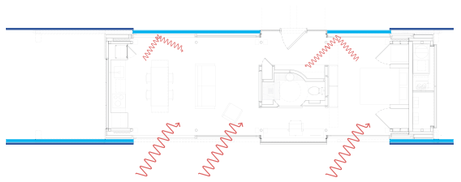
L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 42 pannelli fotovoltaici per un'area totale di 50,82 m² che producono un totale di energia di 8 kWp. Le limitazioni imposte dall'organizzazione SD riguardo agli impianti fotovoltaici, è un'area massima di 74,3 m² di superficie lorda e un costo massimo di 10 $/W. La squadra scegli l'impianto *Sanyo HIT Double190 Bifacial* in quando la sua efficienza energetica raggiunge il 20,5% equivalente a 240 W/panel grazie alla presenza di celle fotovoltaiche su entrambi i lati.
Rendimento kWh/kWp annuo: 13 200 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare in Spagna di 1 650 kWh/kWp annuo[32]
Produzione energetica kWh/m²anno: 178,4 kWh/m² anno
Costo estimativo FV: 24 000 $ (18 141 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2010) per un totale di 8 000 W. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto FV nel settore residenziale nel 2010 stimato dal *Team Virginia Tech* è di circa 3$/W. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 7,89%.
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati sul tetto piano con un angolo di inclinazione di 19°
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *Sanyo HIT Double190 Bifacial* non sono provisti di certificazione nel 2010



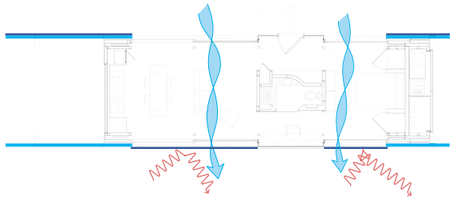
8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

La line guida seguita dal team porta ad una progettazione olistica del prototipo, in cui la condizione del comfort dell'utente diventa parte integrante. Ogni aspetto del prototipo tra cui la forma, l'orientamento, gli elementi scorrevoli, i materiali, la vegetazione, ha una funzione specifica, contribuire alla riduzione del consumo energetico. La forma a padiglione del prototipo, allungata e stretta, in combinazione con elementi scorrevoli in acciaio zincato traforato e pannelli traslucidi in policarbonato e aerogel, massimizza la ventilazione naturale nella stagione estiva e ottimizza la quantità di luce naturale che raggiunge l'ambiente interno. Nella stagione invernale il guadagno termico passivo è garantito dal pavimento in cemento levigato di colore scuro che accumula il calore grazie all'irraggiamento diretto e lo irradia nell'ambiente. Il pavimento è previsto inoltre di un sistema di riscaldamento radiante alimentato da una pompa di calore acqua-acqua che in inverno sottrae calore alla terra e in estate utilizza la terra come refrigerante. In questo modo l'impianto è meno sollecitato e quindi più efficiente dal punto di vista energetico. Questo sistema a pompa di calore geotermico produce anche acqua calda gratuita come sottoprodotto durante il suo funzionamento estivo. In condizioni ambientali estreme, il comfort interno è garantito da sistemi attivi di raffrescamento e riscaldamento, HVAC.

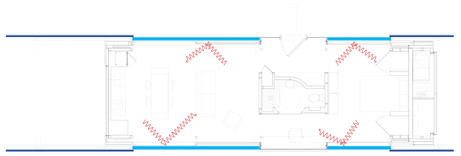
Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2010



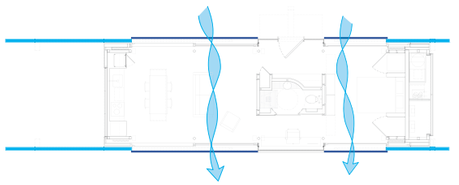
WINTER DAY: Insulation panels are closed on the north side to add insulation and southern glass is left exposed to allow for passive solar heat gain into the thermal mass of the dark-tinted concrete floor. All shade screens are left open to maximize natural daylighting.



SUMMER DAY- MODERATE: All insulation panels and the northern metal screens are left open to allow for natural ventilation and maximum daylighting. The southern screens are closed to eliminate direct solar heat gain and still allow for cross-ventilation.



WINTER NIGHT: Insulation panels are closed to fully insulate the house, trapping the heat now being released from the concrete floor. Shade panels are left open to conserve energy by preventing the use of the electricity needed to close them.



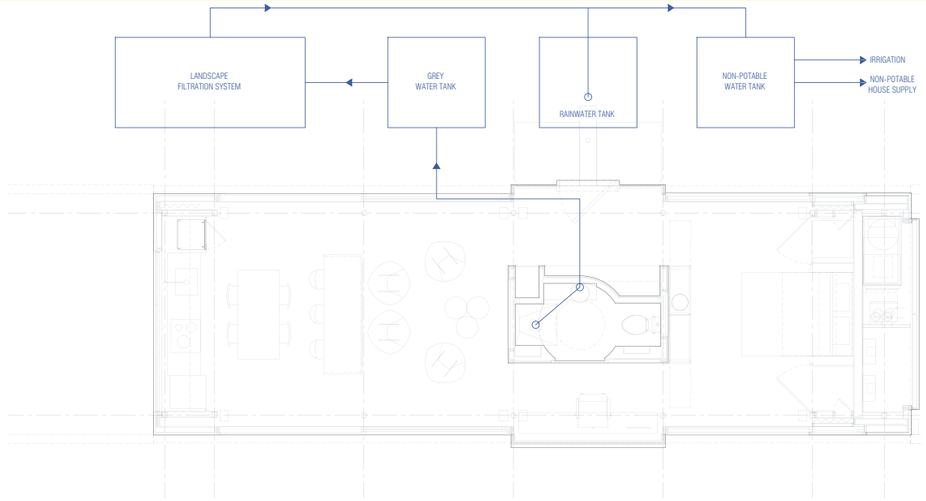
SUMMER NIGHT- MODERATE: Insulation panels remain open to allow for natural ventilation and metal sreens are closed for security.

1 AR-041 METAL AND INSULATION SCREENS
TYPICAL CONFIGURATIONS IN RESPONSE TO EXTERIOR ENVIRONMENT

1 AR-042 METAL AND INSULATION SCREENS
TYPICAL CONFIGURATIONS IN RESPONSE TO EXTERIOR ENVIRONMENT

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

LumenHAUS non solo è efficiente dal punto di vista energetico, ma anche dal punto di vista idrico. Il tetto è inclinato per raccogliere l'acqua piovana che viene in parte depurata, con un sistema a iniezione di cloro, per un uso potabile e in parte immessa nel sistema idrico della casa. Il sistema di trattamento delle acque grigie depura l'acqua di scarico dal lavabo del bagno, dalla doccia, dalla lavatrice e dalla lavastoviglie attraverso un sistema a tre fasi per la depurazione e il successivo riutilizzo. La prima fase del trattamento prevede un filtro a sabbia, terra e membrana che rimuove il particolato. L'acqua passa poi attraverso la seconda fase che prevede una serie di piscine idroponiche progressive dove le piante acquatiche utilizzano e rimuovono il fosforo, azoto, potassio e altri oligoelementi. Infine, nella terza fase, l'acqua grigia viene fatta passare attraverso un filtro UV e può quindi essere utilizzato per irrigare le aiuole e altre piante terrestri, per integrare l'acqua degli scarichi dei servizi igienici. Le piscine idroponiche sono collegate tra loro in un'unica direzione per facilitare l'intero processo e integrate con l'arredo paesaggistico circostante.
Altri accorgimenti che comportano la riduzione dell'uso dell'acqua potabile sono rappresentati dagli elettrodomestici efficienti e rubinetteria a basso flusso, dalla toilette del marchio Saile con tecnologia Dual Flush ha la possibilità di scegliere tra un consumo d'acqua di 1,6 galloni (6,05 litri) per ogni scarico o uno sciacquone ecologico da 0,8 galloni (3 litri) riducendo il consumo di acqua del 20 %.
L'acqua dei servizi igienici, o acqua nera, viene trattata attraverso un sistema settico convenzionale, alimentato per gravità. Lo scarico del campo settico si trova sopra lo scambiatore di calore geotermico, migliorando così l'efficienza dello scambiatore di calore geotermico.



1 PL-011 GREY WATER PLAN DIAGRAM

10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano. Non è prevista alcuna strategia di riutilizzo di alcun tipo di rifiuto organico.

2012– Progetto Canopea House

Team Rhône Alpes - École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (France)

Fonte immagine: https://images.adsttc.com/media/images/50e5/e151/b3fc/4b17/0d00/0005/large_jpg/canopea_Rh%C3%B4ne_Alpes_(Francia).jpg?1361401553

Website di riferimento:
http://www.sdeurope.org/downloads/sde2012/?lang=en
https://www.solardecathlon.gov/international-europe.html
https://www.ee.architektur.tu-darmstadt.de/media/architektur/fachgruppe_c/ee/10action/SOLAR_DECATHLON_EUROPE_2012.pdf
https://building-competition.org/EU2012/TRA

Budget totale: 700 000 €. L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 100 000 €.

Obiettivo del team: è di trovare una soluzione abitativa ad alta densità contro l'espansione urbana, che possa rispondere al fenomeno di suburbanizzazione che caratterizza da qualche decennio il territorio francese e le città europee. Il fenomeno deriva da un costante aumento demografico. Il 70% della popolazione francese abita in case monofamiliari, lontana dalla frenesia delle città e si trasferisce quotidianamente per lavoro, alimentando la formazione del traffico, dell'inquinamento e dello "*stress* urbano". Questa percentuale è in aumento e determina un consumo incontrollato del suolo, un tempo agrario, e del prezzo di vendita con importanti conseguenze a livello ambientale e sociale. Sulla base di queste premesse, team Rhône Alpes si pone l'obiettivo di trovare una soluzione attraverso il concept della Nanotower, edificio alto 8-10 piani, che include spazi in comune, giardini pensili e orti urbani.

Concept progettuale: è l'ecosistema urbano[33] di edifici interconnessi, che condividono infrastrutture, servizi, sistemi di trasporto e sistemi di energia: smartgrid termica, smartgrid elettrica, mobilità alternativa, sistemi di domotica e vita sociale. Tutto è gestito in tempo reale da una rete tecnologica collegata a tablet posizionati in ogni singola unità abitativa. La Nanotower è una piccola torre composta da una serie di case monofamiliari impilate, che condividendo i servizi della città e gli spazi comuni. Ascensori, scale, passaggi, passerelle, luoghi di incontro, giardini sopraelevati e orti urbani verticali collegano tra loro diverse Nanotowers, le quali a loro volta sono collegate alla città con diversi reti di transito. L'ultimo piano di ogni Nanotower è uno spazio comune aperto alla comunità residente, per condividere attività e servizi (lavanderia, cucina estiva, parco giochi per bambini, sala riunioni, barbecue e sala feste). La composizione architettonica del Canopea House[34] si basa sula gerarchia di tre strati: Core, un blocco centrale contenente gli impianti tecnici; Skin, l'involucro perimetrale prestante a livello termo fisico; Schell, la parte high-tech del progetto che funge da supporto per l'impianto fotovoltaico e per il sistema dei frangisole, e crea uno spazio buffer intorno alle zone climatizzate.

Dov'è ora il progetto: attualmente il progetto si trova nel campus dell'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (France).

Risultati della competizione e del Team Rhône Alpes

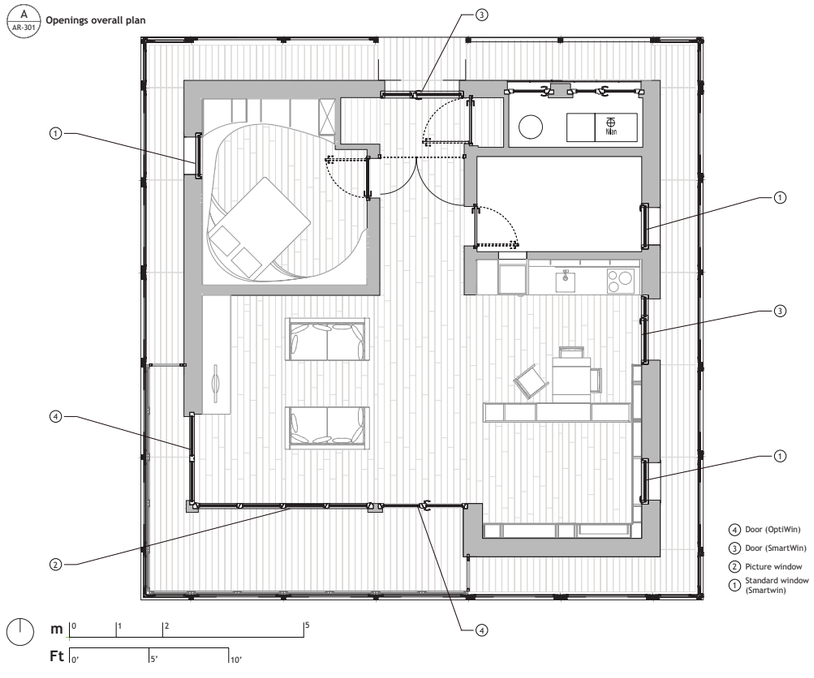
Tabella 1: Classifica generale SDE 2012

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (France)	908,72
2°	Universida des de Sevilla, Jaén, Granada, and Málaga (Spain)	897,39
3	Universitá Degli Studi di Roma Tre, Sapienza Unviersitá di Roma, Free University of Bozen, and Fraunhofer Italy (Italy)	863,49
4°	University of Applied Sciences Konstanz (Germany)	835
5°	RWTH Aachen University (Germany)	819,31
6°	Budapest University of Technology and Economics (Hungary)	766,98
7°	Universidad CEU Cardenal Herrera (Spain)	765,98
8°	Universitat Politécnica de Catalunya (Spain)	731,57
9°	"Ion Mincu" University of Architecture and Urbanism, Technical University of Civil Engineering of Bucharest and Politehnica University of Bucharest (Romania)	719,16
10°	Technical University of Denmark (Denmark)	715,59
11°	The American University in Cairo (Egypt)	686,88
12°	Universidad del País Vasco – Euskal Herriko Unibertsitatea (Spain)	684,2
13°	Bordeaux University (France)	674,8
14°	Universidade Federal de Santa Catarina and Universidade de São Paulo (Brazil)	670,99
15°	Chiba University (Japan)	641,91
16°	Universidade do Porto (Portugal)	538,29
17°	Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Paris – Malaquais, Universitá di Ferrara, Ecole des Ponts Paristech, and Politecnico di Bari (France-Italy)	416,49
18°	Universidad de Zaragoza (Spain)	371,48

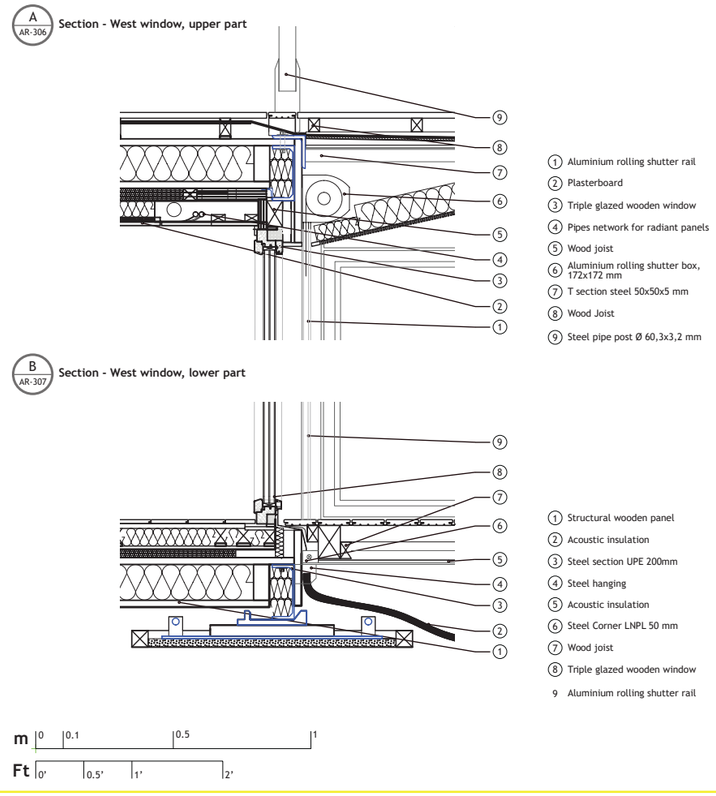
Tabella 1.1 : Squadra vincente SDE 2012. Classifica e puteggio per ogni criterio

10 Criteri SDE 2012	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	1°	120
2.Ingegneria e costruzioni	5°	71
3.Efficienza energetica	5°	87
4.Bilancio energia elettrica	6°	87,1
5.Condizioni di comfort	1°	114,9
6.Elettrodomestici	1°	116,9
7.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	2°	77,3
8.Industrializzazione e Fattibilità di mercato	2°	72,9
9.Innovazione	1°	75
10.Sostenibilità	5°	86,7
Punti Bonus e Penalità		0

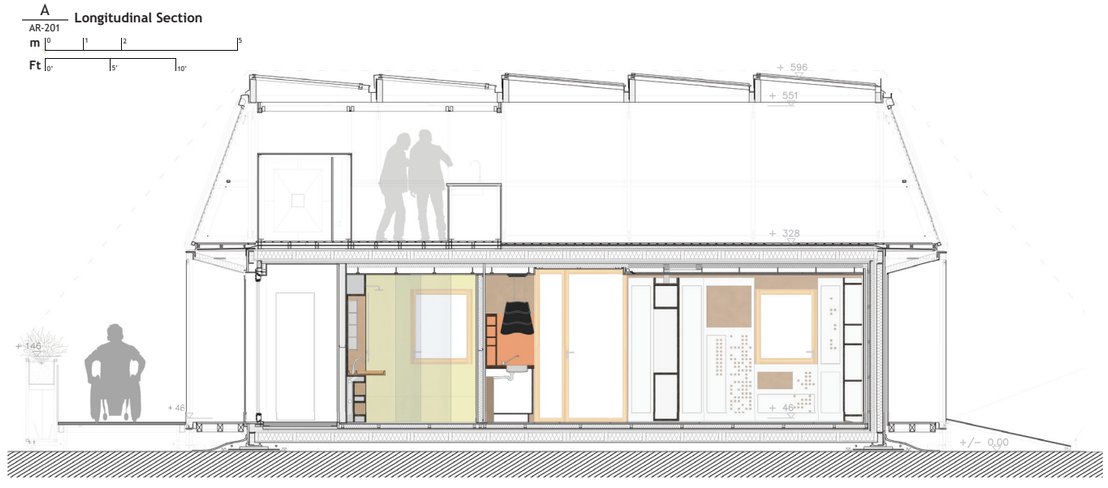
Pianta piano terra



Dettaglio tecnologico



Sezione



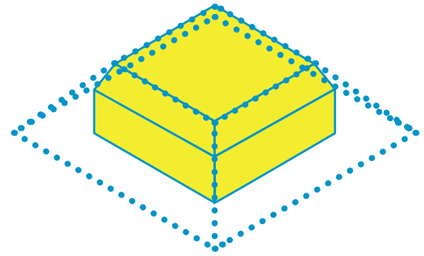
1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

33 L'ecosistema urbano rappresentato dalle Nanotower, trae ispirazione dalla canopia, lo strato più alto delle foreste formato dalle chiome degli alberi, il cui fogliame è responsabile dell'assorbimento del 95% dell'energia solare ed il 30% delle precipitazioni. Di conseguenza la Nanotower diventa metafora della canopia, grazie alla sua capacità di sfruttare l'energia (dal sole, dal vento) e le risorse naturali (acqua e vegetazione).

34 Canopea House è la parte della Nanotower che corrisponde agli ultimi due piani.

Solar envelope: 400 m²
Superficie netta: 149,65 m²
Ambiente climatizzato: 144, 24 m²
Tipologia abitativa: residenziale – edificio a torre con un massimo di 10 piani
Modularità urbana: il prototipo presentato alla competizione è un estratto della Nanotawer e rappresenta gli ultimi due piani di essa. Il *concept* della struttura prevede una modularità ripetibile delle singole unità abitative (10mx10mx3,1m) per ogni piano e l'aggregazione delle Nanotower, per formare una rete costruita ad alta densità e alto comfort abitativo, nel rispetto dell'ambiente. La tipologia proposta dal team massimizza la quantità di suolo costruita grazie ad uno sviluppo in verticale dell'edificio e risponde alla problematica del metabolismo urbano.[35]

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2012



Solar envelope 400 m²
Superficie netta 149,65 m²
Superficie massima costruibile 150 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=99.76%

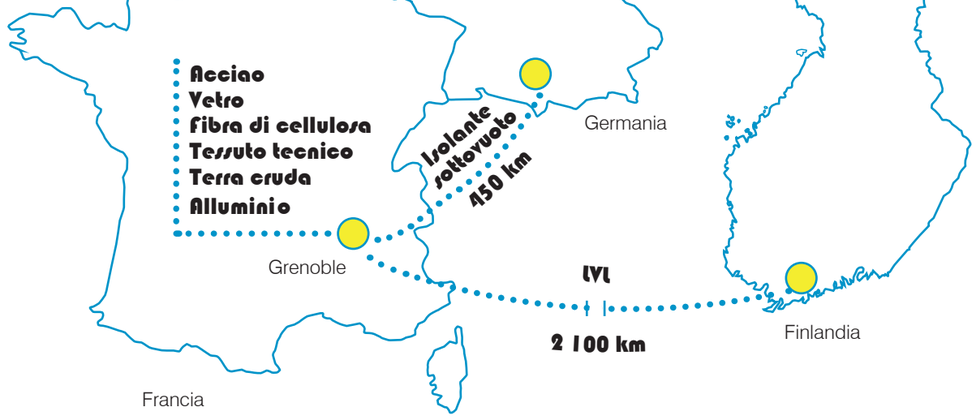
2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

35 Metabolismo urbano (Urban metabolism) è un concetto inteso come "collection of complex sociotechnical and socio-ecological processes by which flows of materials, energy, people, and information shape the city, service the needs of its populace, and impact the surrounding hinter land", [UN Environment-Report: Urban Metabolism for Resource-Efficient Cities; p. 4]. Il fisico Geoffrey West nel Ted's Talk - The surprising math of cities and corporations, pubblicato il 26 giugno 2011, fa una riflessione molto importante sul concetto metabolismo urbano, paragonando la città ad un organismo vivente, e come le reti che si istaurano a tutte le scale influiscono sul modo di esistere della città.
Fonte: https://resourceefficientcities.org/wp-content/uploads/2017/09/Urban-Metabolism-for-Resource-Efficient-Cities.pdf
https://www.youtube.com/watch?v=XyCY6mjWOPc

36 MetsäWood è un'azienda della Finlandia che produce legno lamellare ingegnerizzato per il settore dell'edilizia. Fino al 2012 l'azienda si identificava con il nome Finnforest. Nel documento ufficiale Project Manual, deliverable 5, inviato all'organizzazione Solar Decathlon Europe 2012, Team Rhône-Alpes, indica come fornitore del legno ingegnerizzato utilizzato per la realizzazione di parti del prototipo, l'azienda Finnforest.

37 Il Passivhaus Institut, Darmstadt, è un istituto di ricerca indipendente che ha svolto un ruolo fondamentale nello sviluppo del concetto di Casa Passiva e attualmente mette a diposizione la sua ricerca ed i suoi programmi di certificazione per i prodotti dell'ambito costruttivo. PhA (advanced component) è un parametro che indica la classe di efficienza di un serramento secondo gli standard della casa passiva.

I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa partecipante alla competizione sono: l'acciaio per la parte strutturale portante, travi, pilastri e travetti; il legno lamellare ingegnerizzato LVL (*Laminated Veneer Lumber* - Legno micro lamellare realizzato in piallacci incollati parallelamente) e Glulam (*Glue Laminated Timber*-piallacci di legno incollati) per le partizioni orizzontali e verticali perimetrali; il vetro a tripla camera con telaio misto legno-alluminio; l'isolante in fibra di cellulosa e pannelli isolanti sottovuoto; i frangisole in tessuto PVC (cloruro di polivinile); intonaco in terra cruda per le partizioni interne; l'alluminio utilizzato per la realizzazione del telaio delle schermature solari.
Acciaio
Tipologia: profili UPE, profili tubolari, profili LNPL - azienda manifatturiera *Bouchet Construction Metalique*
Provenienza: prodotto ad Annecy, Francia
Certificazione: prodotto non certificato nel 2012
Legno lamellare
Tipologia: pannelli in LVL-Kerto Q, scatola in LVL Kerto Ripa - azienda manifatturiera *Metsä Wood* [36]
Provenienza: legno proveniente dalle foreste della Finlandia
Certificazione: prodotto non certificato nel 2012
Vetro
Tipologia: triplo vetro SmartWin – azienda manifatturiera *André Menuiserie*
Provenienza: prodotto a Chavannes, Francia
Certificazione: prodotto certificato classe phA [37] dal Passivhaus Institut, Darmstadt, Germania
Isolante
Tipologia: pannello sottovuoto – azienda manifatturiera *Porextherm Dämmstoffe GmbH*
Provenienza: prodotto a Kempten, Germania
Certificazione: prodotto certificato EPD "dalla culla alla tomba"
Tipologia: fibra di cellulosa UniverCell – azienda manifatturiera *Soprema Groupe*
Provenienza: prodotto in Francia
Certificazione: prodotto certificato da ACERMI, *Association pour la CERtification des Matériaux Isolants*
Tessuto in PVC
Tipologia: tessuto tecnico avvolgibile Soltis 86 – azienda manifatturiera *Serge Ferrari*
Provenienza: prodotto a Saint-Jean-de-Soudain, Francia
Certificazione: prodotto certificato con certificazione di tipo II-Riciclabile
Terra cruda
Tipologia: intonaco interno – azienda manifatturiera *AKterre*
Provenienza: terra locale, Eymeux, Francia
Certificazione: /
Alluminio
Tipologia: profili in alluminio TS MOD 40-80 – azienda manifatturiera *PROFIL Tension System*
Provenienza: prodotto a Bordeaux, Francia
Certificazione: prodotto non certificato nel 2012

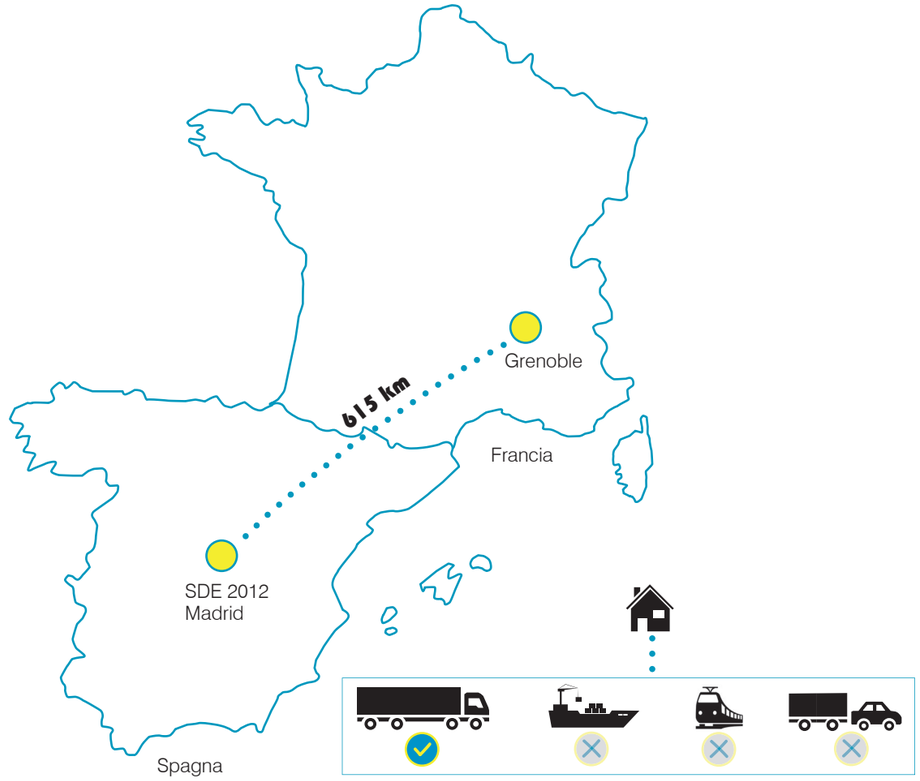


3. Trasporto-distanza e tipologia

Il prototipo è costruito nel *Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau*[38] a Villefontaine, Francia. Gli elementi che costituiscono l'edificio vengono smontati in tre macro-gruppi per essere trasportati al sito della competizione Casa de Campo a Madrid, Spagna. Per il trasporto del prototipo sono state impiegate due tipologie di autoarticolato. Il convoglio di 10 autoarticolati percorre una distanza di 1 230 km da *Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau,* Villefontaine a Madrid. Alla fine della competizione il prototipo viene smontato e trasferito alla *Exhibition at Cité de Sciences,* Parigi per poi ritornare all'istituto INES a Chambery, percorrendo una distanza di ritorno di circa 1450 km.

38 Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau è un laboratorio dedicato alle scuole francesi per costruire prototipi e modelli a grandezza naturale.

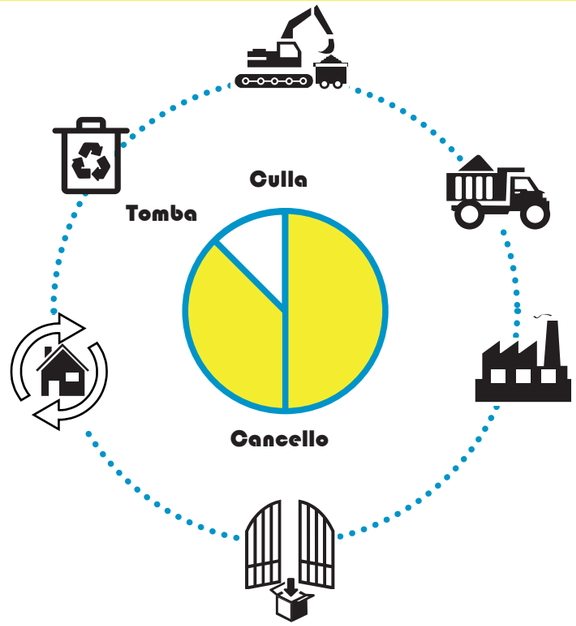
Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2012



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

La strategia progettuale applicata al Canopea House ingloba il concetto di metabolismo urbano e si pone come soluzione alternativa al metabolismo lineare delle città odierne. I materiali costruttivi utilizzati per realizzare il prototipo sono scelti in relazione alle risorse del territorio, al loro impatto sull'ambiente e sulla salute degli abitanti e alle loro condizioni di riciclaggio o di riutilizzo una volta dismesso l'edificio. Sulla base delle analisi LCA fatte, il team ha scelto una gamma di materiali costruttivi riciclabili e a basso impatto ambientale, in accordo con le linee guida progettuali e ha indicato l'*embodied energy*[39] di ciascun materiale. Come ultima analisi, viene elaborato l'eco-profilo comparativo tra i materiali che compongono l'involucro del prototipo Canopea House (esclusi sistemi e attrezzature) e i materiali di una comune casa unifamiliare.

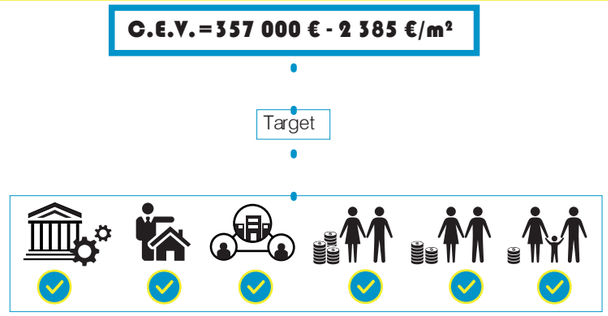
39 Embodied energy o energia incorporata è l'energia totale necessaria per l'estrazione, la lavorazione, la produzione e la consegna degli edifici. A differenza della valutazione del ciclo di vita, che valuta tutti gli impatti durante l'intera vita di un materiale o elemento, l'energia incorporata considera solo l'aspetto frontale dell'impatto di un materiale da costruzione. Non include il funzionamento o lo smaltimento dei materiali.
Fonte:https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-factsheets-topics-tree/embodied-energy



5. Accessibilità economica

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato da tutte le fasce della popolazione francese che condivide l'idea di social housing e spazi comuni condivisi, per quanto riguarda l'acquisto della singola unità abitativa. Il *target* di riferimento per la costruzione della Nanotower è rappresentato da Istituzioni Governative (nazionale e/o europea) e autorità locali o municipali; associazione per il social housing; promotori e imprenditori immobiliari; investitori privati
Costo estimativo di vendita: circa 357 000 € per singola unità abitativa. Il team ha effetuato un'indagine di mercato dell'edilizia ecossotenibile francesi analizzando gli archivi dell'INSEE (Istituto Nazionale di Statistica e di Studi Economici) e FNAIM (Federazione Nazionale delle Agenzie Immobiliari sul territorio francese); ha effettuato una rielaborazione dei dati raccolti sulla base delle aspettative sociali ed economiche e sulle tendenze dell'edilizia ecosostenibile e stilato una classificazione dei potenziali target/acquirenti del prototipo Canopea House; ha elaborato il computo metrico estimativo della Nanotower e delle unità abitative che la compongono considerando un arco di investimento di 10 anni. Dai dati raccolti e analizati dalla squadra, ne emerge che il 97% della popolazione francese desidera alloggi ecosostenibili per la nuova edilizia; il 95% alloggi energeticamente autosufficienti, mentre la fascia della popolazione a reddito medio-basso, rappresentante i tre quarti della popolazione, pur essendo sensibile ai fattori ambientali, si auspica un mantenimento dei prezzi di acquisto accessibili economicamente.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2012



6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

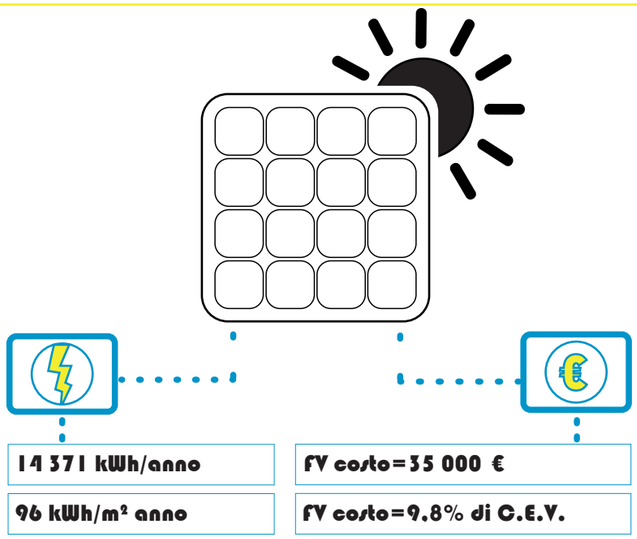
40 http://www.valcucine.com/magazine/en/2012/10/med-in-italy-third-classified-in-the-general-ranking-at-solar-decathlon-europe/

Non vincitore del *People's Choice Award,* Solar Decathlon Europe 2012.
Totale dei voti: non specificato; il vincitore del premio *People's Choice Award,* Team Andalucia, Universida des de Sevilla, Jaén, Granada, and Málaga con il progetto Patio 2.12 (che occupa la posizione numero 2 nella classifica ufficiale Solar Decathlon su un totale di 18 squadre partecipanti).[40]
Esempio commento del pubblico: "*Il sindaco, Javier Fernandez, dopo la visita all'evento, ha colto l'occasione per congratularsi con tutto il team per «l'enorme entusiasmo che hanno messo a questo lavoro» e per sostenere che Solar Decathlon è solo un «punto e seguito» nella collaborazione tra le due parti. Dopo il ritorno da Madrid, il Consiglio Comunale vuole continuare a lavorare con questo team e, dopo aver conosciuto la fattibilità energetica e ambientale di questa casa, studiare la fattibilità socio-economica per i suoi costruttori e gli utenti finali.*"

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

41 Il team dichiara che ogni Nanotower è costituita da 8 unità abitative ed il consumo energetico di ciascuna è di 1 389 kWh.

L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 21 pannelli fotovoltaici per un'area totale di 84,26 m² che producono un totale di energia di 8,71 kWp. La limitazione imposta dall'organizzazione SD riguardo agli impianti fotovoltaici, fa riferimento al costo massimo di 12 €/W. La squadra sceglie l'impianto *Tenesol BIPV (Building Integrated Photovoltaics)* perché consente un'alternativa costruttiva al tetto tradizionale. La coerenza architettonica tra funzioni estetiche e energia è evidenziata dalla integrazione tra il design della casa ed i pannelli fotovoltaici i quali non sono una semplice aggiunta a fine progetto. Nel progetto Canopea House le celle fotovoltaiche intrappolate nel vetro, completate con serigrafia all'interno, formano un tetto completo e modulano anche la luce diurna nello spazio di condivisione a cui è adibito l'ultimo piano della Nanotower.
Rendimento kWh/kWp annuo: 14 371 kWh/anno considerando l'irraggiamento solare in Spagna di 1 650 kWh/kWp annuo
Produzione energetica kWh/m²anno: 96 kWh/m² anno per unità abitativa[41]
Costo estimativo FV: 35 000 € per un totale di 8710 Wp. Il prezzo è stato stimato dal team. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 9,8 % .
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati sul tetto piano con una inclinazione di 5°
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *Tenesol BIPV* non sono provisti di certificazione nel 2012

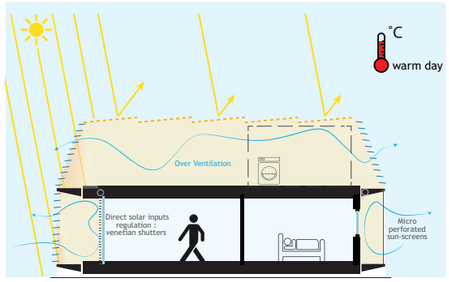


8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

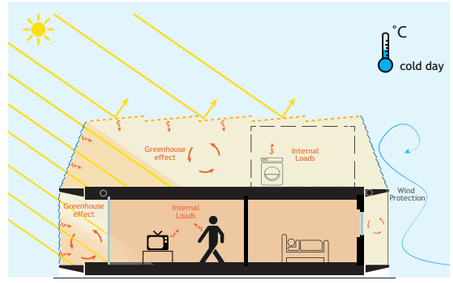
La progettazione del prototipo si basa sulle strategie bioclimatiche e sui sistemi meccanici semi passivi di recupero dell'energia, per minimizzare il consumo energetico dell'edificio in termini di raffrescamento e riscaldamento. Il principio della doppia pelle, applicato agli appartamenti Canopea House, consente il controllo climatico stagionale e crea un microclima interno ed una qualità dell'aria indoor migliore rispetto ad un sistema di rivestimento tradizionale. La parte di involucro più esterna, Shell, composta da frangisole in vetro, fissi ed orientabili e da schermature solari in tessuto PVC avvolgibili, regola il guadagno termico, il flusso di aria in entrata e protegge dalle intemperie; si crea un buffer zone lungo tutto il perimetro della casa con la funzione di mitigare la differenza di temperatura tra interno ed esterno. L'involucro termico interno, Skin, è altamente prestante e segue gli standard di una Passive House con un fabbisogno energetico per il riscaldamento pari a 14 kWh/m²a e per il raffrescamento 5 kWh/m²a. Per migliorare le condizioni di comfort interno in situazioni climatiche estreme, il prototipo è fornito anche di un sistema attivo HVAC, con ventilazione a pavimento e a soffitto.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2012

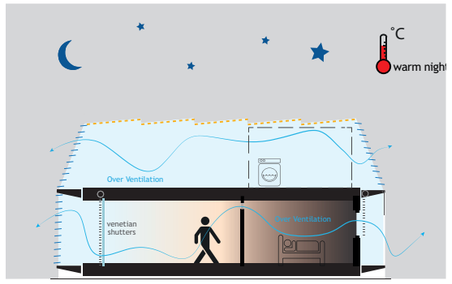
A BA-004 **Thermal analysis - WARM weather - Day**
Cold valuation



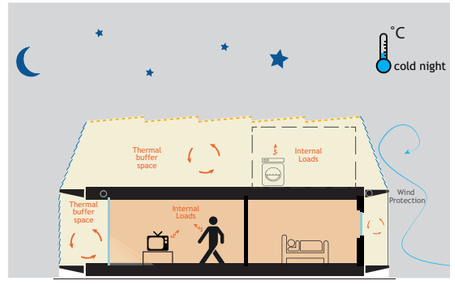
A BA-006 **Thermal analysis - COLD weather - Day**
Heat valuation



B BA-005 **Thermal analysis - WARM weather - Night**
Cold valuation

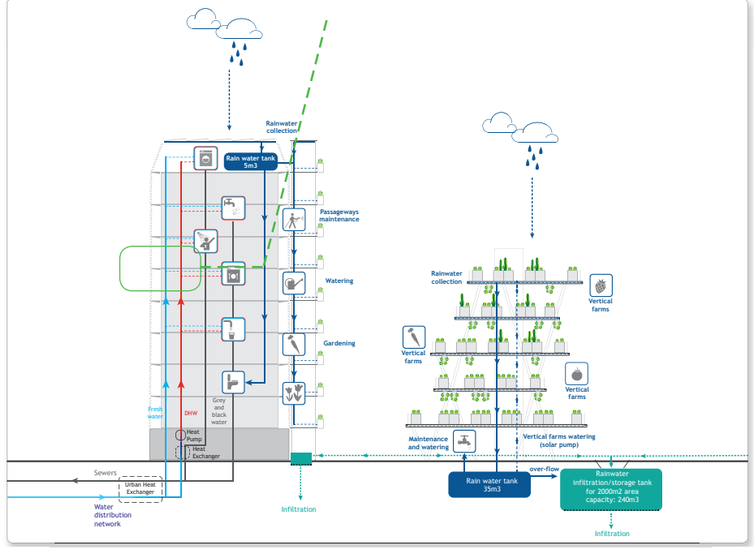


B BA-007 **Thermal analysis - COLD weather - Night**
Heat valuation



9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

La strategia di raccolta e gestione dell'acqua proposte dal team determinano una riduzione del consumo dal 20 al 35% corrispondente a circa 20 m³ all'anno per abitante rispetto al consumo di acqua di un cittadino francese che è compreso tra 43 m³ e 95 m³ all'anno. Questo è stato possibile grazie a degli accorgimenti strategici in fase di progettazione, tra cui: la raccolta dell'acqua piovana attraverso un'inclinazione opportuna del tetto, l'acqua raccolta in una cisterna viene poi utilizzata dai condomini per l'irrigazione dei propri giardini verticali; l'utilizzo di elettrodomestici molto efficienti, ad esempio la lavastoviglie consuma 7 litri per lavaggio mentre la lavatrice 56 litri); l'uso della rubinetteria a basso flusso; l'utilizzo di toilette a scarico efficiente che riduce il consumo dell'acqua di scarico da 25 al giorno a persona a litri a 8 litri al giorno a persona.



10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano. Per quanto riguarda invece la gestione dei rifiuti, la Nanotower è munita di un sistema di condotti insonorizzati. Questi sono situati sul lato nord della torre di distribuzione e consente agli abitanti di raccogliere e differenziare i loro rifiuti (alluminio, plastica, vetro) in grandi cassontetti per la spazzatura situati nel sottosuolo, ai piedi della struttura. I rifiuti organici vengono invece raccolti in un contenitore separato per essere utilizzato in seguito come fertilizzante per i giardini verticali corrispondente ad ogni unità abitativa oppure per il giardino verticale in comune.

2014 – Progetto RhOME for denCITY

Team Italiano-Università Degli Studi di Roma TRE (Italy)

Fonte immagine: https://www.detail-online.com/fileadmin/_migrated/pics/solar-decathlon-2014-gewinner-rom-1.jpg

Website di riferimento:
http://www.solardecathlon2014.fr/en/documentation
https://www.solardecathlon.gov/international-europe.html
https://building-competition.org/EU2014/ROM

Budget totale: 870 000 €.[42] L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 100 000 €.

Obiettivo del team: è di ridensificare e riqualificare il contesto urbano della periferia di Roma, nello specifico il quartiere di Tor Fiscale, caratterizzato dalla presenza di edifici abusivi. Quest'area di particolare importanza, per la presenza delle rovine dell'antico acquedotto romano, fa parte del programma municipale di riqualificazione urbanistica, PRINT (Programmi Integrati di Intervento). Esso prevede la demolizione degli edifici di auto-costruzioni illegalmente costruiti. All'interno di questo programma, RhOME for denCITY, si pone l'obiettivo di rafforzare il senso di appartenenza degli abitanti, di creare un forte rapporto tra l'uomo e la natura, di fornire al tempo stesso social housing eco-sostenibili, energeticamente efficienti e ad alta densità, di ripristinare le aree verdi e di creare orti urbani gestite da cooperative agricole locali. La progettazione del prototipo segue i seguenti cinque punti fondamentali: Regeneration, la rigenerazione urbana attraverso la densificazione del costruito[43] riqualificando l'uso del suolo; Relationship, un territorio valorizzato crea per i suoi abitanti nuove opportunità e permette di trovare un'identità locale; Rapidity, soluzioni costruttive innovative e dinamiche che coinvolgono il processo di industrializzazione; Reuse, un intervento sostenibile che prevede l'impiego di materiali naturali, il riciclo dell'acqua e il riutilizzo dei componenti; Reduce, l'impatto del progetto decresce, considerando ogni singolo intervento dal punto di vista dell'efficienza energetica e dell'accessibilità economica.

Concept progettuale: : si basa sulla necessità di fornire residenze adeguate agli abitanti del quartiere Tor Fiscale nell'ottica dell'edilizia sostenibile. Sulla base degli studi realizzati, sulla identificazione delle potenzialità e delle criticità dell'area, il team identifica la social housing come una delle migliori risposte alle problematiche, quali accessibilità economica, sfruttamento del suolo e delle risorse, questioni ambientali. Il progetto comprenderà tre tipologie di intervento, il primo di social housing, che consiste in 72 appartamenti, il secondo di alloggi concordati, che corrisponde al 54 appartamenti e il terzo sono 30 case per restituire alle persone la casa che le è stata demolita. L'edificio approfondito dal team è un condominio modulare e prefabbricato, che si sviluppa su cinque piani (al piano terra si svolgono attività commerciali). Ogni piano è composto da tre unità abitative, di dimensioni variabili (da 45 m^2 a 100 m^2), che soddisfano le richieste dei target identificati. La flessibilità interna data da una maglia strutturale regolare e la presenza di logge sono due caratteristiche fondamentali, che consentono agli utenti di adattare gli spazi a seconda delle proprie necessità.

Dov'è ora il progetto: attualmente il progetto si trova in possesso della università Roma Tre, ma non vengono indicate informazioni sulla funzione che svolge.

Risultati della competizione e del Team Italiano

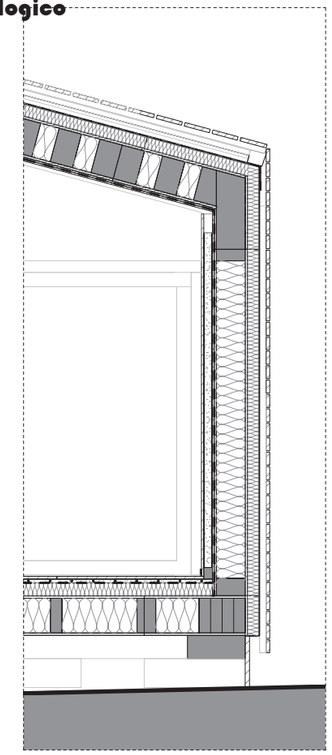
Tabella M: Classifica generale SDE 2014

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Universitá Degli Studi di Roma TRE (Italy)	840,63
2°	ENSA Nantes, ESB, Audencia Group, Audencia Nantes, IUT Nantes, Architectes Ingénieurs Associés, Atlansun, Institut des Matériaux Jean Rouxel, Ecole des Mines Nantes, ISSBA, Medieco, Novabuild, SAMOA, and SCE (France)	839,75
3°	Delft University of Technology (Netherlands)	837,87
4°	University of the Arts Berlin and Technical University of Berlin (Germany)	823,42
5°	Lucerne University of Applied Sciences and Arts – School of Engineering and Architecture (Switzerland)	804,75
6°	Universidad Tecnica Federico Santa Maria – Valparaiso (Chile) and Université de la Rochelle – Espace Bois de l'IUT (France)	802,42
7°	University of Applied Sciences Frankfurt am Main (Germany)	793,71
8°	Technical University of Denmark (Denmark)	780,01
9°	Université d'Angers (France) and Appalachian State University (U.S.A.)	776,92
10°	Universitat Politècnica de Catalunya – Barcelona (Spain)	776,24
11°	Chiba University (Japan)	774,09
12°	National Chiao Tung University (Taiwan)	772,15
13°	Universidad Nacional Autonoma de México and the Center of Research in Industrial Design and the School of Engineering and the School of Arts (Mexico)	760,17
14°	Rhode Island School of Design (U.S.A.), Brown University (U.S.A.), and University of Applied Sciences – Erfurt (Germany)	657,46
15°	Universisad de Castilla - La Mancha and Universidad de Alcala de Henares University (Spain)	650,44
16°	Costa Rica Institute of Technology - Cartago (Costa Rica)	588,8
17°	King Mongkut's University of Technology Thonburi (Thailand)	508,15
18°	Academy of Architecture and IIT Bombay (India)	452,3
19°	Technical University of Civil Engineering Bucharest, University Politehnica of Bucharest, and University of Architecture and Urbanism "Ion Mincu" (Romania)	348,49
20°	Université Paris-Est, ENSA Paris Malaquais, ENSA Marne la Vallée, ESTP Paris, Ecole des Ponts Paris Tech, ESIEE Paris, ENSG, and IFSTTAR (France)	268,81

Tabella M.1 : Squadra vincente SDE 2014. Classifica e punteggio per ogni criterio

10 Criteri SDE 2014	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	2°	114
2.Ingegneria e costruzioni	8°	67,2
3.Efficienza energetica	4°	73,47
4.Bilancio energia elettrica	12°	58,41
5.Condizioni di comfort	2°	107,4
6.Elettrodomestici	1°	108,63
7.Comunicazione e Sensibilizzazione sociale	10°	61
8.Progettazione urbana, Trasporto, Accessibilità	10°	84,71
9.Innovazione	3°	71,81
10.Sostenibilità	4°	70
Punti Bonus e Penalità		24

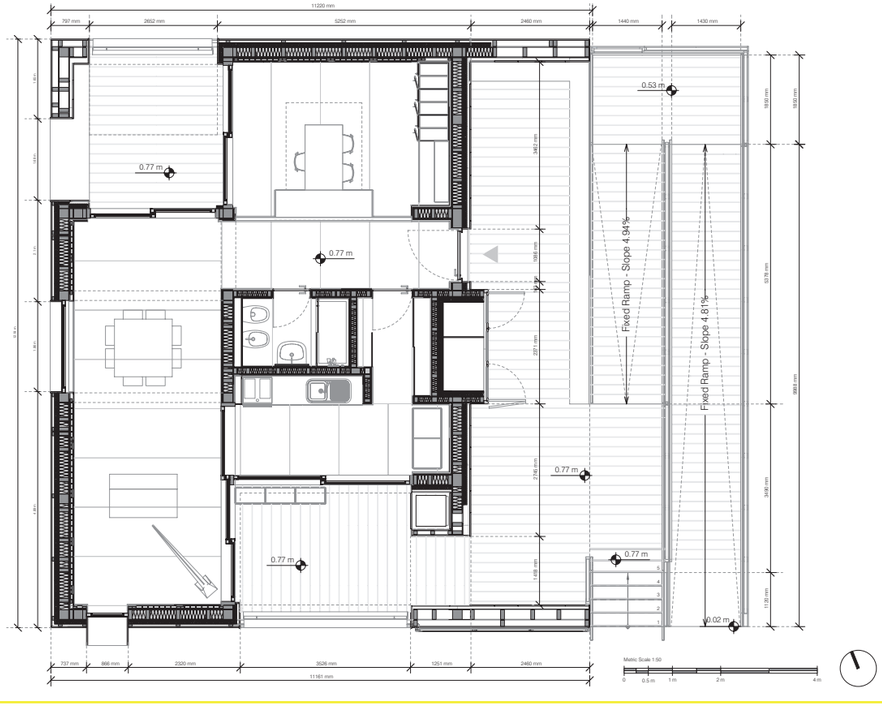
Pianta-Sezione-Dettaglio tecnologico



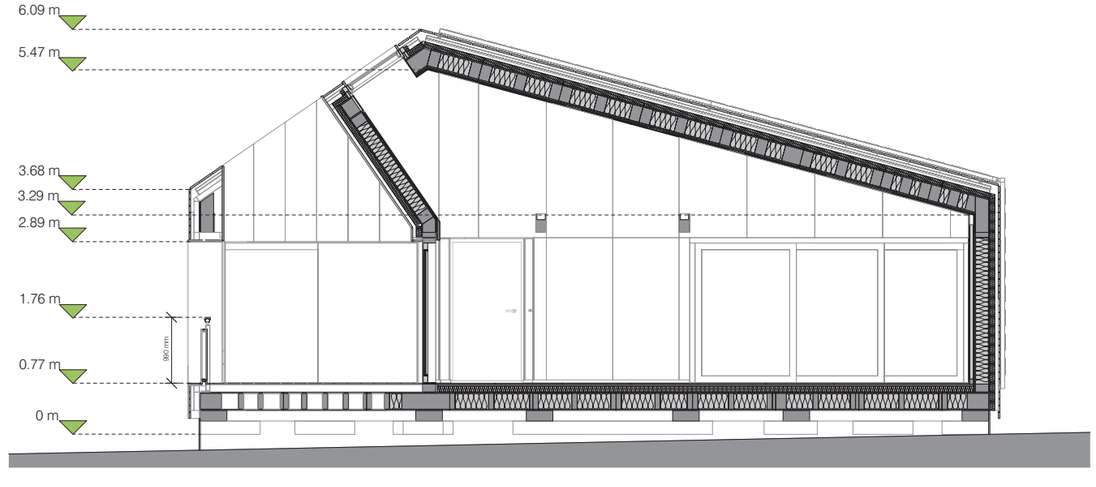
5 Vertical Section - S2

1 : 20

Pianta piano terra



Sezione



1 Living

1 : 50

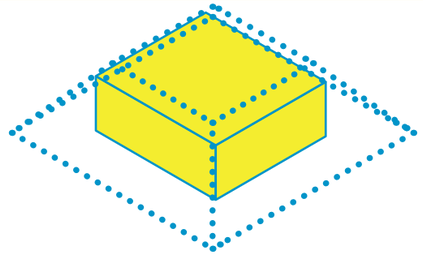
1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

42 https://www.wired.it/lifestyle/design/2014/07/14/solar-decathlon-italia/?refresh_ce

43 L'espressione "densificazione del costruito" fa riferimento ad edifici ad alta densità che si sviluppano in verticale e occupano una porzione di suolo ridotta in proporzione al numero di unità abitative garantito. Il suolo non edificato può essere destinato ad aree verdi pubbliche o private, che favoriscono l'interazione sociale, migliorano la qualità dell'aria ed il comfort psicologico degli abitanti.

Solar envelope: 400 m²
Superficie netta: 136,8 m²
Ambiente climatizzato: 60 m²
Tipologia abitativa: residenziale – edificio multipiano, massimo 5 piani
Modularità urbana: il prototipo presentato alla competizione è un estratto dell'edificio multipiano di progetto, di 12 unità abitative, e rappresenta l'ultimo piano. Il concept della struttura si basa sulla modularità a macro scala, riferita all'intero edificio. Ogni singolo piano è composto da tre unità abitative la cui superficie può variare da 45 m², a 65 m², a 85 m², a 100 m².

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2014



Solar envelope 400 m²
Superficie netta 136,8 m²
Superficie massima costruibile 150 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=91.20%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa partecipante alla competizione sono: il legno lamellare ingegnerizzato Cross-LAM (*Cross Laminated Timber,* legno lamellare incrociato), Glulam *(Glued Laminated Timber)* per la realizzazione di pilastri, pannelli strutturali e non, e travi; le lastre in gessofibra utilizzate per le partizioni verticali esterne; le lastre in cartongesso rinforzate in fibra minerale utilizzate nelle partizioni verticali interne; i pannelli in sughero per l'isolamento termico utilizzato nelle pareti verticali, mentre i pannelli ad alta e bassa densità in fibra di legno sono utilizzati per le partizioni orizzontali ed inclinate.
Legno lamellare
Tipologia: pilastri classe GL24H e C24, pannelli Cross-LAM - azienda manifatturiera *Rubner Holzbau Spa*
Provenienza: prodotto proveniente dall' Alto Adige, Italia
Certificazioni del prodotto: prodotto certificato PEFC, EPD culla al cancello; prodotto certificato PEFC, FSC
Tipologia: pannelli strutturali SuperPan H Tech P5- azienda manifatturiera *FINSA (Financiera Maderera S.A.)*
Provenienza: prodotto a Santiago de Compostela, Spagna
Certificazioni del prodotto: prodotto certificato PEFC, FSC, EPD culla alla culla; prodotto riciclabile 100%
Tipologia: travi Bilam, Trilam, bsh (HFA e PLB) - azienda manifatturiera *Holzforschung*
Provenienza: prodotto proveniente da Vienna, Austria
Certificazioni del prodotto: prodotto certificato FSC
Gessofibra
Tipologia: pannelli FERMACELL Gessofibra - azienda manifatturiera *Fermacell GmbH*
Provenienza: prodotto a Stuttgart, Germania
Certificazione: prodotto riciclabile 100%
Cartongesso
Tipologia: pannelli Ignilastra GKF (F) - azienda manifatturiera *Knauf*
Provenienza: prodotto a Iphofen, Germania
Certificazione: prodotto certificato LEED (il prodotto contiene materiali riciclabili e materiali rinnovabili rapidamente)
Isolante
Tipologia: pannelli sughero Syfar Tek - azienda manifatturiera *Sifar*
Provenienza: prodotto in Italia
Certificazione: prodotto non certificato nel 2014
Tipologia: pannelli fibra di legno HDP-Q11 Standard - azienda manifatturiera *Homatherm*
Provenienza: prodotto a Berga, Germania
Certificazione: prodotto certificato NaturaPlus

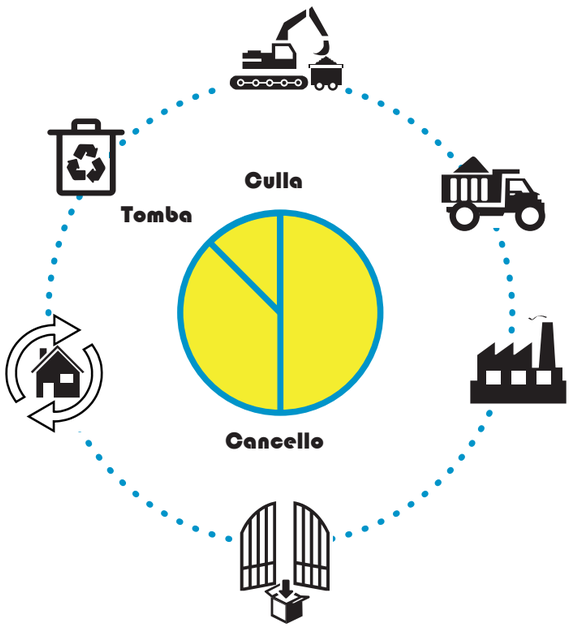
3. Trasporto-distanza e tipologia

Il prototipo è costruito e assemblato nell'area di lavorazione dell'azienda *Rubner Holzbau Spa*, Bolzano, Italia. Successivamente smontato in diversi componenti per essere trasportati al sito della competizione, *Cité du Soleil,* Versailles, Francia. Per diminuire l'emissione di CO2 dovuta al trasporto, il team collabora con Ferrovie dello Stato Italiane, per trasportare 6 container, contenenti componenti del prototipo, mentre un solo container viene trasportato via terra con l'impiego di un camion. La distanza percorsa è di 2 800 km circa andata-ritorno.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2014

4. LCA-considerazione del life cycle assesment

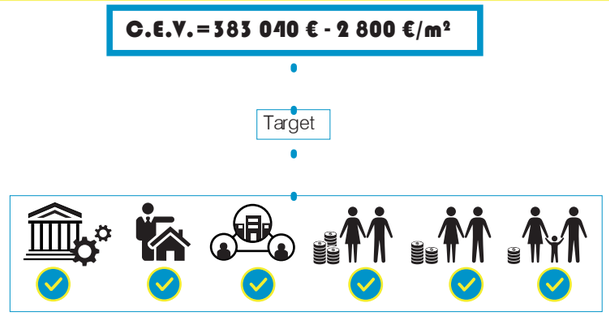
La selezione dei materiali costruttivi è fatta sulla base del quantitativo di energia primaria inglobata, calcolato dal team attraverso approccio LCA, dalla produzione allo smaltimento. Nell'ottica della riduzione del consumo di energia e delle emissioni di anidride carbonica, i materiali scelti sono rinnovabili, riciclabili, riutilizzabili e certificati attraverso diverse tipologie. Gli elementi portanti travi, pilastri e pannelli, che rappresentato la percentuale maggiore di utilizzo nel prototipo, sono anche certificati EPD da enti terzi, considerando il *Life cycle assessment* "dalla culla al cancello" e "dalla culla alla culla".



5. Accessibilità economica

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato dalle categorie specificate in seguito con un reddito annuo compreso tra (12 000 € - 50 000 €): residenti anziani, giovani imprenditori che soggiornano temporaneamente a Roma, lavoratori pendolari, studenti, famiglie o giovani coppie con massimo un bambino e con un basso reddito, anziani in condizioni socioeconomiche svantaggiate, imigranti residenti al almeno 5 anni nella regione con un basso reddito, personale addetto alla difesa, ordine pubblico e sicurezza. Il target di riferimento per la costruzione dell'edificio è rappresentato da Istituzioni Governative (nazionale e/o europea) e autorità locali o municipali; associazione per il *social housing*; promotori e imprenditori immobiliari
Costo estimativo di vendita: il progetto presentato dal team è un social housing per cui viene stimato un costo di locazione a seconda della tipologie di contratto e in base ai metri quadri della unità abitativa. Non viene fatta una stima del prezzo di vendita, ma viene indicato il valore minimo al metro quadro di un appartamento nel Municipio Roma IX, area che interessa in quartiere Tor Fiscale. Nell'analisi dell'accessibilità economica, il team indica il valore minimo di mercato corrisponde a 2 500 €/m² ed il valore massimo 3 100 €/m².
Il costo estimativo di vendita per una superficie netta di 136,8 m² è di 383 040 €/m².

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2014



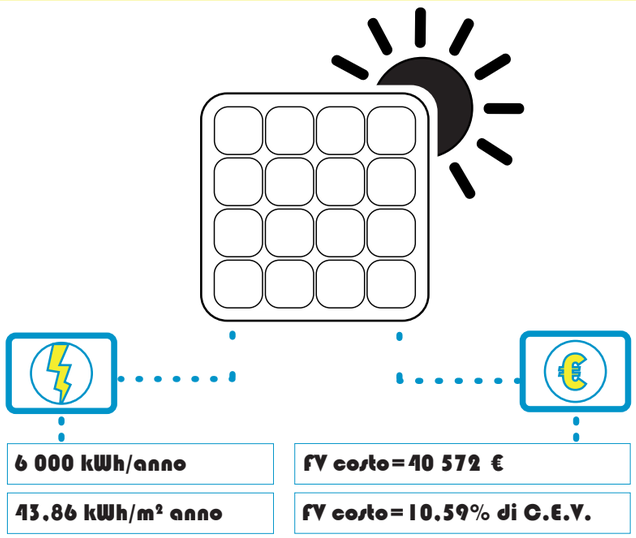
6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Non vincitore del *People's Choice Award,* Solar Decathlon Europe 2014.
Totale dei voti: numero voti non specificato; il vincitore del premio *People's Choice Award, Team TEC, Costa Rica Institute of Technology* con il progetto Tropika (che occupa la posizione numero 16 nella classifica ufficiale Solar Decathlon Europe su un totale di 20 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: Joel MGR said: *"This is a living example of what intelligent development is; in it you can see great aspects such as creativity, solidarity, perseverance... all impregnated in each piece of Tropika... Thank you very much TEC Team, for your effort and dedication, and give us all an example to follow."*

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 98 pannelli fotovoltaici per un'area totale di 24,5 m² che producono un totale di energia di 5 kWp. L'organizzazione Solar Decathlon Europe impone un limite di 5 kWp per l'impianto fotovoltaico. La squadra sceglie l'impianto *SOLBIANFLEX SP 50L* realizzati con celle fotovoltaiche monocristalline *SunPower* con un'efficienza superiore al 20,5% incorporate in polimeri ad alta resistenza. "*SOLBIANFLEX*" rappresenta una vera e propria rivoluzione nel settore, per l'alta efficienza mai raggiunta da un pannello leggero e flessibile e per l'eccezionale resistenza agli agenti atmosferici e degradanti quali *shock* termico, nebbia e acqua salata, radiazione solare e shock meccanici; inoltre questa tipologia di pannelli è prodotta in Italia. Questi sono i motivi per qui il team decide di utilizzare questi pannelli fotovoltaici.
Rendimento kWh/kWp annuo: 6 000 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1200 kWh/kWp annuo[44]
Produzione energetica kWh/m²anno : 43,86 kWh/m² anno
Costo estimativo FV: 40 572 € per un totale di 5 000 Wp. Il team indica il prezzo di un pannello fotovoltaico. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 10,59% .
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati una parte sulla falda del tetto inclinato con esposizione Sud e un angolo di inclinazione di 15° e una seconda parte su una struttura orientabile con una inclinazione di 15° sulla facciata Sud
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *SOLBIANFLEX SP 50L* non sono provisti di certificazione nel 2014

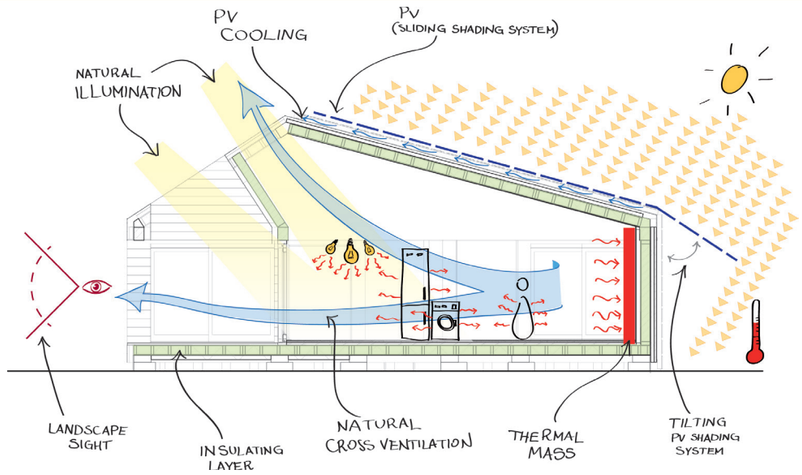
44 Ø. Kleven, H. Persson, C. Good, W. Sulkowski and T. Boström, Solar cells above the arctic circle – a comparison between a two-axis tracking system and simulations, Conference paper 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference (EUPVSEC), at Hamburg, September 2009. Fonte:https://www.researchgate.net/publication/267382605_SOLAR_CELLS_ABOVE_THE_ARCTIC_CIRCLE_-_A_COMPARISON_BETWEEN_A_TWO-AXIS_TRACKING_SYSTEM_AND_SIMULATIONS



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

La progettazione del prototipo e dell'intero edificio multipiano si basa sulle strategie bioclimatiche per consentire una riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento. Gli aspetti che sono stati maggiormente approfonditi durante la progettazione riguardano l'ombreggiamento, l'inerzia termica, la stratigrafia dell'involucro e l'ottimizzazione dell'orientamento. La ventilazione naturale incrociata è garantita da aperture e logge posizionate sui lati nord e sud, mentre l'apertura zenitale determina la formazione dell'effetto camino che intensifica e velocizza il raffrescamento interno. In inverno, il comfort interno è garantito dalla combinazione tra la parete ventilata multistrato e la massa termica, come layer intermedio sui lati sud e ovest, ottenuta dai materiali di scarto dalle demolizioni di edifici preesistenti. Questa strategia consente l'accumulo di calore durante il giorno e un rilascio lento durante la notte.

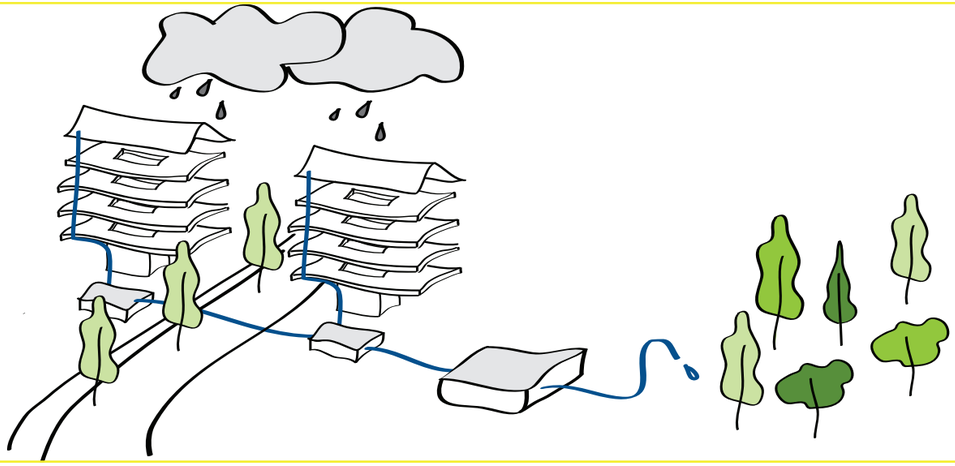
Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDE 2014



9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

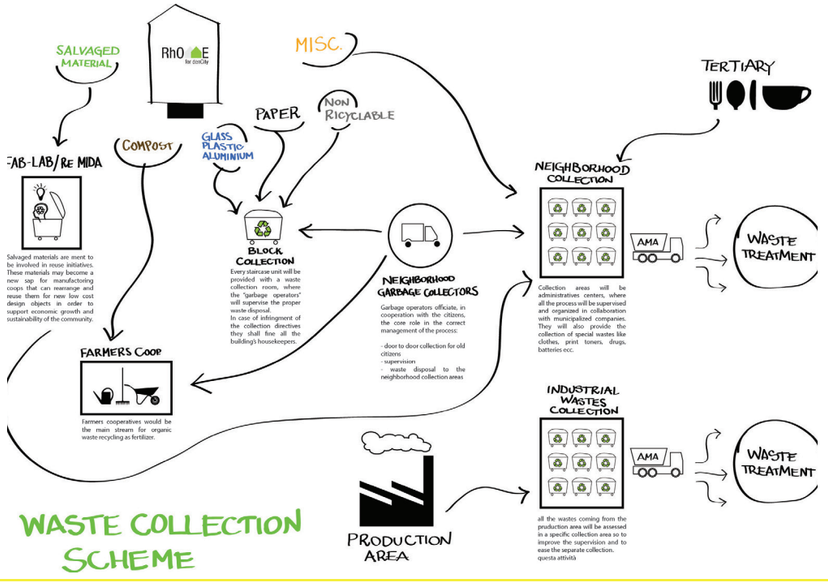
Le strategie di raccolta dell'acqua non vengono progettate per il prototipo partecipante alla competizione, ma sono estese a scala urbana oppure riferite al singolo edificio. L'acqua piovana raccolta attraverso un sistema di tubi e convogliata a serbatoi di stoccaggio è utilizzata per la pulizia del quartiere, per l'irrigazione degli orti urbani e del parco. L'acqua piovana subisce un processo di fitodepurazione a coltura idroponica prima di essere utilizzata e la vegetazione fa parte del disegno paesaggistico. Le acque grigie e nere subiscono un processo diverso. Esse vengono depurate attraverso un processo definito
foto ozonolisi.[45]

45 Foto ozonolisi è un processo di depurazione dell'acqua che combina i raggi ultravioletti e l'ozono. L'ozono può essere applicato singolarmente o in combinazione con i raggi ultravioletti (UV), acqua ossigenata (H2O2) e catalizzatori dedicati per dar vita a più performanti processi di tipo AOP (Advanced Oxidation Process), per l'ossidazione e conseguente distruzione delle sostanze nocive e di molti inquinanti presenti in acque potabili, di scarico e negli effluenti gassosi. (https://www.siad.com/documents/30774/95771/Catalogo_OZONO_IT.pdf/d4ac672e-b0e8-6d06-80fe-6b9dfc50938c)



10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano per quanto riguarda i rifiuti solidi. Il riutilizzo ed il riciclo sono due punti fondamentali dell'obiettivo del team. L'idea di minimizzare gli sprechi e ridurre la produzione di prodotti di scarto permea l'intero progetto, partendo dalla fase progettuale, alla metodologia di costruzione a secco con elementi prefabbircati, arrivando al sistema di recupero dell'acqua e alla raccolta differenziata. Il sitema di compostaggio utilizzato per il progetto, è uno speciale prototipo di cumulo di compost che produce direttamente i blocchi di compost. Permette di ridurre lo spazio di stoccaggio nel cestino e permette di immagazzinare più rifiuti organici.



Conclusioni di fine analisi Solar Decathlon Europa 2010, 2012, 2014

Quantitative-deduzioni

10 Parametri	SD 2010	SD 2012	SD 2014
1. Consumo suolo (S.n./S.m.c)	49,33%	99,76%	91,20%
2. Materiali (nazionale/internazionale)	nazionale	nazionale/estero	nazionale/estero
3.Trasporto (distanza percorsa)	6 400 km	615 km	1 400 km
4. LCA	non utilizzato	utilizzato	utilizzato
5. Accessibilità economica	4 392 €/m²	2 385 €/m²	2 800 €/m²
6. Integrazione (approvazione pubblico)	non vinto	non vinto	non vinto
7. FV-kWh/m²anno -posizionamento	178,4 tetto	146,34 tetto	43,86 tetto
8. Comfot passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo
9. Acqua (strategie raccolta/uso)	utilizzate	utilizzate	utilizzate
10. Gestione rifiuti (strategie alternative)	non utilizzate	utilizzate	utilizzate

Qualitative-riflessioni e deduzioni

I progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon americano sono svolgono le seguenti funzioni:
2010 – il prototipo è aperto al pubblico per visite guidate. Attualmente si trova nel campus universitario della Virginia Polytechnic Institute and State University a Blacksburg, Virginia.
2012 – il progetto si trova nel campus dell'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (France). Il prototipo è stato aperto al pubblico per visite guidate nel 2015.
2014 – il progetto si trova in possesso della università Roma Tre, ma non sono state rilasciate ulteriori informazioni sulla funzione che svolge attualmente.

Tra i prototipi vincitori dell'edizione europea nessuno è stato acquistato da privati oppure ha avuto seguito positivo nel settore immobiliare.
La particolarità delle proposte progettuali è rappresentato dal: Canopea House 2012, l'ecosistema urbano[1] di edifici ad alta densità interconnessi, che condividono infrastrutture, servizi, sistemi di trasporto e sistemi di energia: smartgrid termica, smartgrid elettrica, mobilità alternativa, sistemi di domotica e vita sociale. Tutto è gestito in tempo reale da una rete tecnologica collegata a tablet posizionati in ogni singola unità abitativa. Il team francese promuove una visione progettuale olistica nel trovare una soluzione abitativa ad alta densità contro l'espansione urbana, che possa rispondere al fenomeno di suburbanizzazione che caratterizza da qualche decennio il territorio francese e le città europee; RhOME for denCITY 2014, un progetto di ridensificazione e riqualificazione del contesto urbano della periferia di Roma, nello specifico il quartiere di Tor Fiscale, caratterizzato dalla presenza di edifici abusivi. Il team identifica la social housing come una delle migliori risposte alle problematiche, quali accessibilità economica, sfruttamento del suolo e delle risorse, questioni ambientali.

Nelle edizioni europee il regolamento è incentrato sulle problematiche del habitat urbano e sulla funzione degli edifici che devono rispondere alla triplice sfida: energia, ambiente e società. Gli edifici proposti in queste edizioni sono delle abitazioni pluripiano, che accorpano più unità abitative, sviluppandosi in verticale al fine di minimizzare il consumo del suolo pur garantendo un elevato livello di qualità abitativa e ambientale, privacy e diponibilità di aree verdi condivisibili. Inoltre la concentrazione di abitazioni nelle aree urbane aumenta l'efficienza del tempo e la qualità dei trasporti con positivi riscontri sulla salute dei cittadini, diminuzione dell'inquinamento ambientale, acustico e dello stress. I diversi approcci mirati a rispondere a problematiche quali aumento demografico, incremento dell'urbanizzazione, resilienza urbana, accessibilità economica degli alloggi grazie a partenariati tra enti pubblici e privati per la realizzazione delle social housing, rendono i progetti più compatibili e responsivi alle problematiche attuali e future delle realtà urbane.

Le analisi attraverso il parametro "Materiali" evidenziano l'uso del legno ingegnerizzato per la realizzazione della struttura portante, proveniente dai paesi scandinavi e dei materiali sintetici e naturali per l'isolamento termico, la maggior parte provenienti da paesi europei confinanti al paese partecipante. I materiali costruttivi del Canopea House 2012 e del RhOME for denCITY 2014 sono scelti in base all'embodied energy, all'energia incorporata durante il processo produttivo, e sulla base della loro riciclabilità e grado di riuso.
Dalle analisi attraverso il parametro "Trasporto" emerge che una sola squadra ha prestato attenzione alla riduzione del consumo di energia e delle emissioni in ambiente. Infatti la squadra RhOME for denCITY 2014 collabora con le ferrovie italiane per il trasporto del prototipo al sito.

Anche nelle edizioni europee nessuno dei prototipi vincitori coincide con la scelta del pubblico. Fatto che evidenzia ancora l'incompatibilità tra le proposte prototipali e lo stile di vita degli abitanti.

Nonostante l'attenzione all'aspetto accessibilità economica richiesta sia dalla competizione e dimostrata anche dalle analisi dei team vincenti, i prototipi sono ancora orientati verso le fasce di reddito medio, medio-alto e alto, come evidenziato attraverso il parametro "Accessibilità economica," infatti i costi variano da 2 385 €/m² al 2 800 €/m² al 4 392 €/m².
Il parametro "Impianto fotovoltaico" evidenzia una costante diminuzione della produzione di energia elettrica. Infatti il regolamento impone un massimo di 5 kWp per l'impianto fotovoltaico, il che porta determina maggiore attenzione delle strategie passive per il guadagno termico e raffrescamento passivo al fine di minimizzare il fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento. Infatti tutti i tre progetti vincenti applicano strategie passive che riducono considerevolmente la richiesta di energia anche del 30% come nel caso di Canopea house 2012. L'integrazione dell'impianto fotovoltaico all'edificio è data dall'utilizzo di BIPV (Building Integrated Photo Voltaic) oppure da pannelli flessibili montati sulla facciata.
La visione olistica dei due progetti Canopea House 2012 e del RhOME for denCITY 2014 abbraccia sia l'applicazione di strategie per raccolta, il riuso dell'acqua e la gestione dell'acqua sia di strategie di raccolta differenziata, compostaggio e riduzione della produzione dei rifiuti partendo dal processo costruttivo e assemblaggio dell'alloggio arrivando alla dimensione di condominio e di quartiere.

1 L'ecosistema urbano rappresentato dalle Nanotower, trae ispirazione dalla canopia, lo strato più alto delle foreste formato dalle chiome degli alberi, il cui fogliame è responsabile dell'assorbimento del 95% dell'energia solare ed il 30% delle precipitazioni. Di conseguenza la Nanotower diventa metafora della canopia, grazie alla sua capacità di sfruttare l'energia (dal sole, dal vento) e le risorse naturali (acqua e vegetazione).

2013-Progetto Illawarra Flame House

Team UOW-University of Wollongong (Australia)

Fonte immagine: http://ahjoinery.com.au/wp-content/uploads/2013/04/Illawarra-Flame-Tree-House-v2-1800x1204.jpg

Website di riferimento:
https://www.illawarraflame.com.au/house.php
https://www.solardecathlon.gov/international-china.html
https://pdfs.semanticscholar.org/f40e/27b672af08eb0ad7b1af09c710eab306262b.pdf
https://www.progenia.com.au/portfolio/illawarra-flame/
https://www.mnn.com/your-home/remodeling-design/blogs/solar-decathlon-china-meet-the-teams

Budget totale: 900 000 $ (circa 656 231 € considerando la media del cambio annuo dollaro australiano-euro nel 2013). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 100 000 $.

Obiettivo del team: è di creare una proposta di riqualificazione e di bonifica delle case monofamiliari prefabbricate, fibro[46] in cemento e fibra di amianto, delle periferie della regione Illawarra, Australia. La filosofia progettuale di base di Illawarra Flame è quella di ispirare ed educare la comunità e l'industria sul potenziale delle tecnologie di efficienza energetica attiva e passiva, nell'ambito della ristrutturazione dell'edilizia residenziale.[47]

Concept progettuale: si basa sul riadattamento di una casa fibro secondo cinque punti chiave: la sostituzione del rivestimento in fibra di amianto con un involucro energeticamente prestante e realizzato con materiali riciclabili o locali; la sostituzione delle partizioni trasparenti esistenti, con finestre scorrevoli a doppio vetro, per ottimizzare la ventilazione naturale e l'isolamento termico; l'estensione dello spazio abitabile verso l'esterno attraverso la realizzazione di due terrazzini semi-coperti sui lati Nord e Sud; la predisposizione di blocchi prefabbricati per i servizi igienici e il locale tecnico per minimizzare il costo e la manutenzione; la flessibilità spaziale interna.

Dov'è ora il progetto: attualmente il prototipo si trova all'interno della *UOW Sustainability Street,* un nuovo distretto della sostenibilità situato nell'*Innovation Campus del Sustainable Building Research Centre,* Wollongong, Australia. Il centro di ricerca mette a disposizione la possibilità di affittare la casa al prezzo di 120 $ a notte per coloro che vogliono sperimentare una casa n-ZEB d'avanguardia e prendere parte al programma di ricerca *Living Laboratory.* La ricerca mira a capire come la gente comune usa edifici avanzati come Illawarra Flame House.[48]

Risultati della competizione e del Team UOW

Tabella 1: Classifica generale SDC 2013

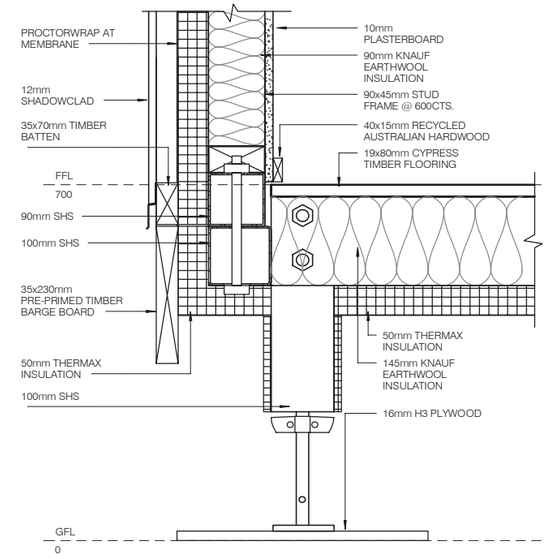
Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	University of Wollongong (Australia)	959,555
2°	South China University of Technology (China)	951,846
3°	Chalmers University of Technology (Sweden)	948,348
4°	Tel Aviv University, Shenkar College of Engineering and Design, Neri Bloomfield School of Design and Education, College of Management Academic Studies (Israel)	944.331
5°	Tsinghua University and Florida International University (China-United States)	931.180
6°	Xiamen University (China)	920.104
7°	National University of Singapore (Singapore)	897.312
8°	Polytechnic Institute of New York University, Ghent University, and Worcester Polytechnic Institute (Belgium-United States)	897.057
9°	New Jersey Institute of Technology and Harbin Institute of Technology (United States-China)	893.637
10°	Southeast University (China)	873.003
11°	Xi'an University of Architecture and Technology (China)	849.744
12°	Shanghai Jiaotong University (China)	849.155
13°	Inner Mongolia University of Technology (China)	842.251
14°	Shandong Jianzhu University (China)	826.517
15°	Beijing Jiaotong University and Bern University of Applied Sciences (China-Switzerland)	804.067
16°	Universiti Teknologi Malaysia (Malaysia)	776.884
17°	Abbaspour University of Technology (Iran)	755.669
18°	Alfred State College and Guilin University of Technology and Alfred University (China-United States)	685.522
19°	London Metropolitan University and Guangzhou Academy of Fine Arts (England-China)	629.264
20°	Peking University and University of Illinois at Urbana-Champaign (China-United States)	N/A

N/A = abbreviazione di "not available"

Tabella 1.1: Squadra vincente SDC 2013. Classifica e punteggio per ogni criterio

10 Criteri SDC 2013	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	1°	96
2.Attrattività sul mercato	2°	97
3.Ingegneria	1°	95
4.Comunicazione	2°	94
5.Impianto solare	1°	86
6.Zona comfort	4°	97,912
7.Acqua calda	1°	100
8.Elettrodomestici	2°	99,577
9.Intrattenimento domestico	14°	94,066
10.Bilancio energia elettrica	1°	100
Punti Bonus e Penalità		0

Dettaglio tecnologico



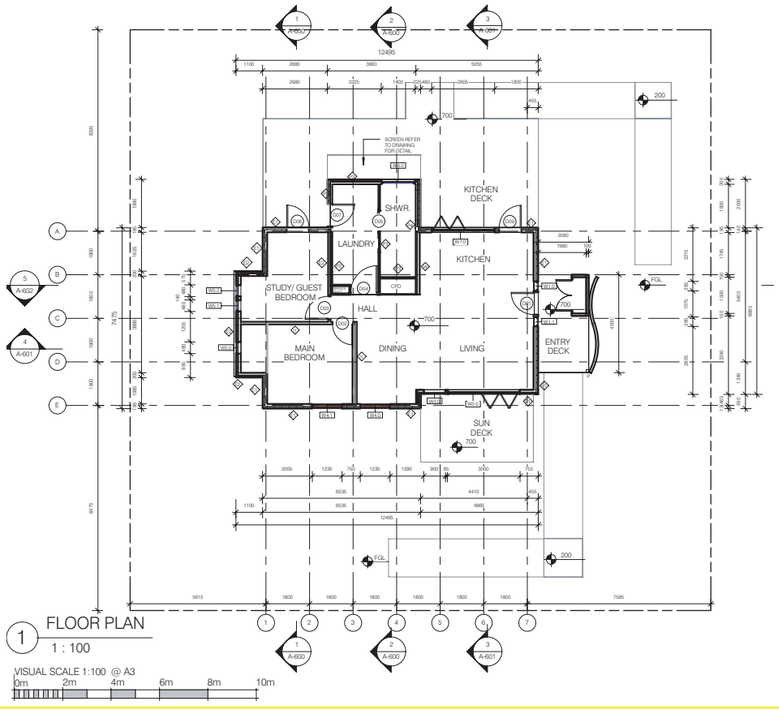
1 / A-600 FLOOR DETAIL 1

1 : 5

VISUAL SCALE 1:5 @ A3

0m 0.1m 0.2m 0.3m 0.4m 0.5m

Pianta piano terra



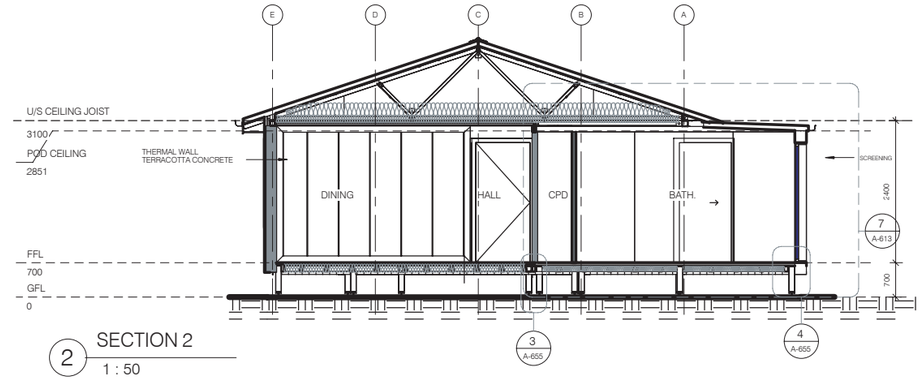
1 FLOOR PLAN

1 : 100

VISUAL SCALE 1:100 @ A3

0m 2m 4m 6m 8m 10m

Sezione



2 SECTION 2

1 : 50

VISUAL SCALE 1:50 @ A3

0m 1m 2m 3m 4m 5m

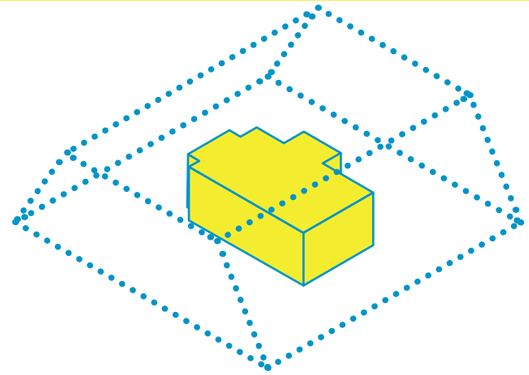
1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

46 La casa fibro è un'espressione peculiare dell'architettura residenziale australiana. Indica la tipologia di case costruite nel dopoguerra secondo un progetto standard, nelle periferie della capitale e nei distretti regionali australiani. Le caratteristiche principale di questi edifici è il sistema costruttivo, in balloon frame ed il rivestimento in pannelli di cemento e fibra di amianto.

47 https://www.tafeillawarra.edu.au/images/stories/SolarDecathlonComp/uow%202013%20solar%20decathlon%20concept%20design%2013%202%202012.pdf

48 https://sbrc.uow.edu.au/stay-in-the-illawarra-flame-house/index.html

Solar envelope: 625 m²
Superficie netta: 93,4 m²
Ambiente climatizzato: 49,4 m²
Tipologia abitativa: residenziale – casa unifamiliare
Modularità urbana: il *concept* della struttura non prevedere una modularità componibile a livello urbano. Il progetto è un edificio singolo, di un piano e non viene prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili.

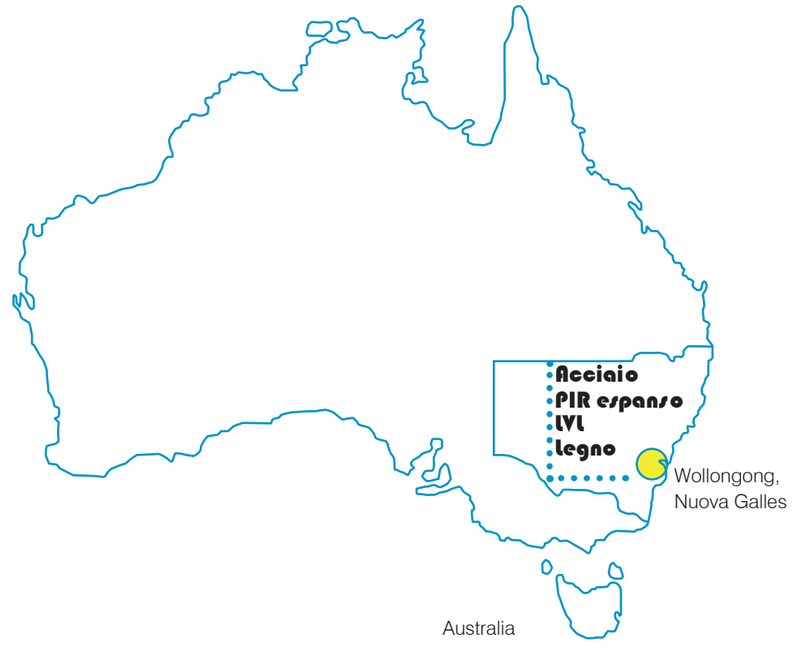


Solar envelope 625 m²
Superficie netta 93,4 m²
Superficie massima costruibile 200 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=46,70%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

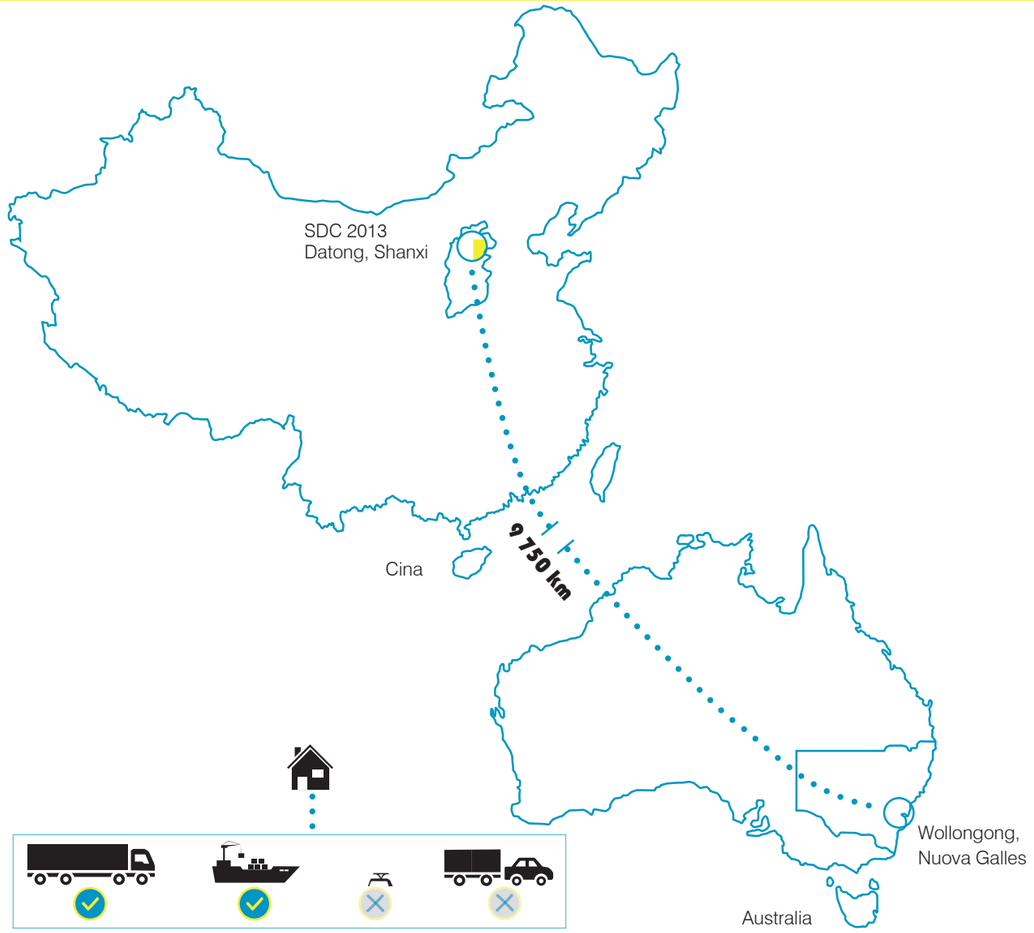
I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa sono: l'acciaio per la parte strutturale portante, pilastri e travi; il legno ingegnerizzato LVL (*Laminated Veneer Lumber* o Legno microlamellare realizzato in piallacci incollati parallelamente) per la realizzazione del telaio intermedio per le pareti perimetrali; l'isolante sintetico PIR (schiuma a cella chiusa in poliisocianurato espanso) e l'isolante minerale in lana di roccia per tutte orizzontali, verticali ed inclinate della casa; il legno massiccio riciclato di provenienza locale per il rivestimento esterno.
Acciaio
Tipologia: pilatri e travi profilo SHS - azienda manifatturiera *BlueScope Australia*
Provenienza: prodotto nel Nuovo Galles del Sud, Australia
Certificazione: prodotto non certificato nel 2013
Legno lamellare
Tipologia: listelli in LVL - azienda manifatturiera *Carter Holt Harvey Wood Products Australia*
Provenienza: prodotto nel Nuovo Galles del Sud, Australia
Certificazione: dato non riscontrato
Isolante
Tipologia: pannelli ad alta densità PIR, Thermax - azienda manifatturiera *DOW*
Provenienza: prodotto nel Nuovo Galles del Sud, Australia
Certificazione: non specificato
Tipologia: lana di roccia a bassa densità EarthWool - azienda manifatturiera *Knauf*
Provenienza: prodotto nel Nuovo Galles del Sud, Australia
Certificazione: non specificato
Legno massiccio
Tipologia: listelli in legno - azienda manifatturiera dato non riscontrato
Provenienza: locale
Certificazione: non specificato



3. Trasporto-distanza e tipologia

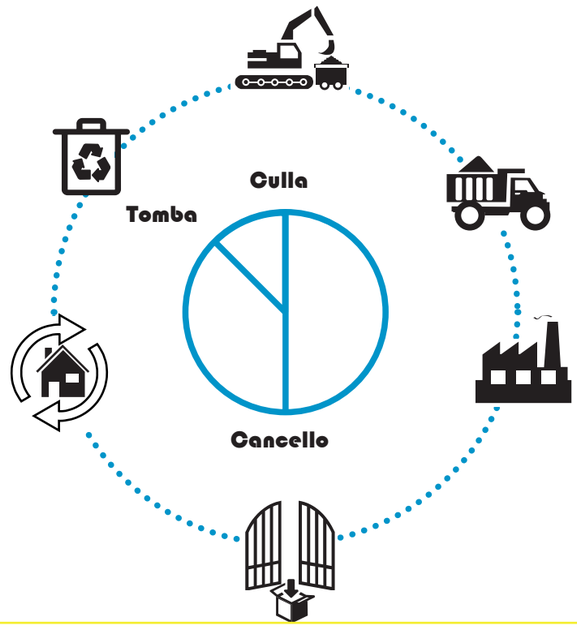
Il prototipo è costruito e assemblato nel campus del TAFE Illawarra Institute di Wollongong, Nuova Galles del Sud (il più grande istituto di formazione ed istruzione dell'Australia). Successivamente smontato in diversi componenti per essere trasportati prima all'University of Wollongong, Nuova Galles del Sud e poi al sito della competizione, Peking University di Datong, provincia di Shanxi, Cina. Per il trasporto sono stati impiegati 7 container, contenenti componenti del prototipo. La distanza percorsa è di 18 000 km andata-ritorno via mare e 1 400 km andata ritorno via terra.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDC 2013



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Nessun elemento strutturale costruttivo è certificato LCA.

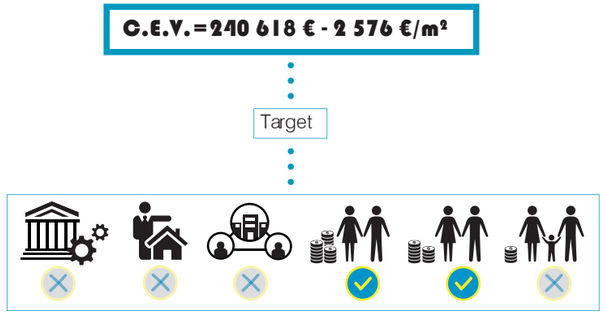


5. Accessibilità economica

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato dalla fascia della popolazione di età susperiore ai 65 anni senza figli
Costo estimativo di vendita: 330 000 $ [49] (circa 240 618 € considerando la media del cambio annuo dollaro australiano-euro nel 2013). Il prezzo di vendita mediano delle case vendute ad Wollongong, Australia nel 2013 è di 504 089 $.[50]

49 P. Cooper, T. McCarthy, Zhenjun Ma1, M. Jones, The Team UOW Solar Decathlon House: Building Community and Industry Capability and Motivation for Net-Zero Energy Solar Homes, in 2014 Asia-Pacific Solar Research Conference. Fonte: http://apvi.org.au/solar-research-conference/wp-content/uploads/2015/04/2-Cooper_peer_reviewed.pdf

50 https://www.corelogic.com.au/mapping-market



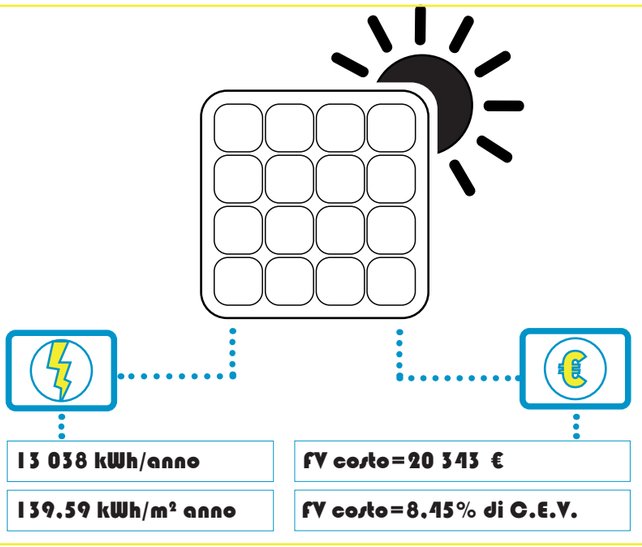
6. Integrazione con il contesto culturale- approvazione del pubblico

Non sono state riscontrati riferimenti riguardo il premio *People's Choice Award,* Solar Decathlon Cina 2013.

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 40 pannelli fotovoltaici per un'area totale di 65,34 m² che producono un totale di energia di 9,4 kWp. La squadra sceglie due tipologie di impianto di 20 pannelli *TRINA TSM-250PC05A* (250W) con celle policristalline orientato e che produce 5kWp, mentre il secondo impianto è composto da 20 pannelli *SOLOPOWER SP3S220* (220W) CIGS a film sottile con elevato potere di assorbimento della luce solare, anche in condizioni di ombreggiamento, che produce 4,4 kWp ed orientato 50% a Sud e 50% a Nord.
Rendimento kWh/kWp annuo: 13 038 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1 387 kWh/kWp annuo
Produzione energetica kWh/m²anno: 139,59 kWh/m² anno
Costo estimativo PV: 27 900 $ (circa 20 343 € considerando la media del cambio annuo dollaro australiano-euro nel 2013) per un totale di 9 000 Wp. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto PV nel settore residenziale nel 2013 stimato dal *National Survey Report of PV Power Applications in AUSTRALIA 2016*[50] è di circa 3,1 $/W. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto PV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 8,45% .
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati sulle falde del tetto con orientamento Nord e Sud e sui due pergolati con orientamento sud con un angolo di inclinazione di 18°
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *TRINA TSM-250PC05A (250W)* e *SOLOPOWER SP3S220 (220W) CIGS* non sono provisti di certificazione LCA nel 2013

51 W. Johnston (SunWiz), R. Egan (UNSW) the Australian PV Institute, National Survey Report of PV Power Applications in AUSTRALIA 2016. Photovoltaic Power System Programme, 2016 p.2-41. Fonte:http://www.ieapvps.org/index.php?id=93&tx_damfrontend_pi1=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatEquals%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus_Rec%5D=40&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus_Rec%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BfreeID%5D=201&tx_damfrontend_pi1%5Bid%5D=93



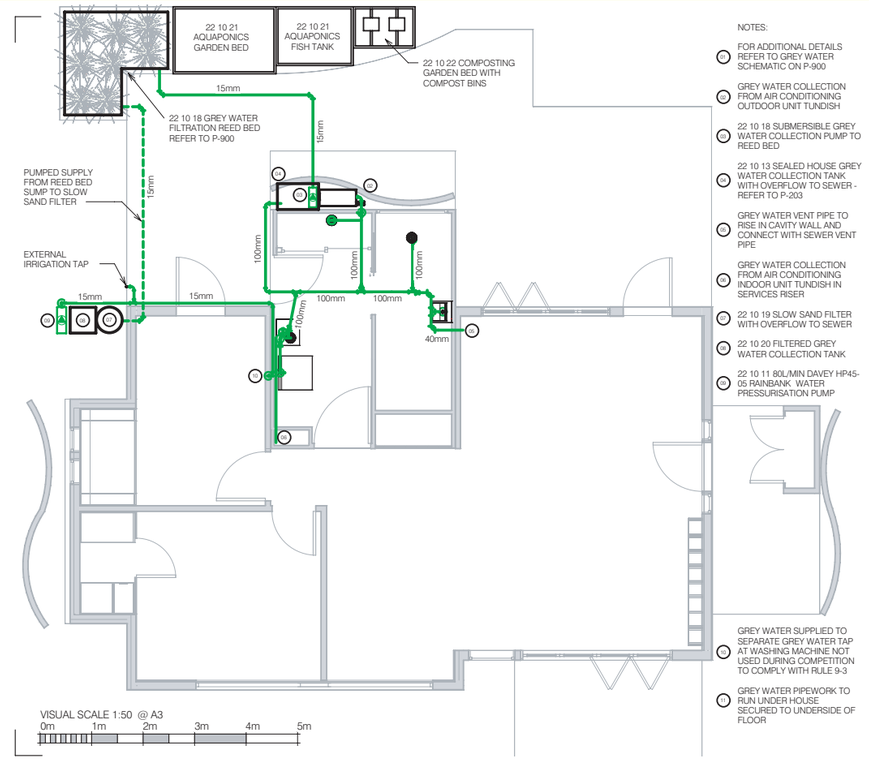
8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Le strategie bioclimatiche passive applicate al prototipo riguardano la ventilazione incrociata e l'inerzia termica. La configurazione iniziale della casa è modificata in fase progettuale per garantire un miglioramento della ventilazione passiva attraverso l'effetto camino che si forma con l'apertura dei lucernai. La massa termica garantisce l'accumulo di calore durante le stagioni fredde grazie all'irraggiamento diretto e rilascia il calore lentamente negli ambienti interni, minimizzando l'uso dell'energia per il riscaldamento meccanico. Il team presta maggiore attenzione al sistema attivo per garantire il comfort interno. L'HVAC è un collettore fotovoltaico-termico ad aria (PVT) e un accumulatore termico a cambio di fase (PCM). L'aria viene convogliata sotto i pannelli fotovoltaici a film sottile e raccolta sul colmo del tetto, prima di essere alimentata allo scambiatore di calore PCM. L'aria calda fa fondere il PCM, estraendo energia dall'aria per effetto del calore latente. Il PCM immagazzina il calore in inverno. Il sistema è integrato con una pompa di calore a ciclo inverso, in un sistema canalizzato. Il sistema funziona in modo diverso durante l'inverno e l'estate utilizzando rispettivamente l'irraggiamento solare diurno e il raffreddamento radiativo della volta celeste. Il collettore PVT riscalda o raffredda l'aria fresca dell'ambiente e quindi fornisce il riscaldamento o il raffreddamento direttamente all'interno dell'edificio o all'accumulatore PCM. Il calore immagazzinato nel PCM può essere utilizzato successivamente per condizionare l'ambiente o pre-condizionare l'aria che entra nell'unità di trattamento dell'aria.[52]

52 T. J McCarthy, B. J Banfield, Y.Baghi, L. Faidutti, C. McDowell, Advocating for Net-Zero Energy Sustainable Houses through the International Solar Decathlon Competition, Proceedings of the 3rdWorld Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'18). Fonte: https://avestia.com/CSEE2018_Proceedings/files/paper/Keynote%20-%20Dr.%20McCarthy.pdf

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano per quanto riguarda i rifiuti solidi. Il riutilizzo ed il riciclo sono due punti fondamentali dell'obiettibo del team. L'idea di minimizzare gli sprechi e ridurre la produzione di prodotti di scarto permea l'intero progetto, partendo dalla fase progettuale, alla metodologia di costruzione a secco con elementi prefabbircati, arrivando al sistema di recupero dell'acqua e alla raccolta differenziata. Il sitema di compostaggio utilizzato per il progetto, è uno speciale prototipo di cumulo di compost che produce direttamente i blocchi di compost. Permette di ridurre lo spazio di stoccaggio nel cestino e permette di immagazzinare più rifiuti organici.



10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano. I rifiuti organici compostabili vengono raccolti in in un aposito contenitore e poi utilizzati per fertilizzare l'orto verticale prevvisto nel terrazzo anteriore.

2018 – Progetto Long-Plan

Team SCUT-POLITO-South China University of Technology and Polytechnic University of Turin (China-Italy)

Fonte immagine: http://www.radio24.ilsole24ore.com/assets/img/Radio24/_Immagini/2018/09/long-plan1978.jpg

Website di riferimento:
https://mp.weixin.qq.com/s/jvzl4adQtmupct2RxDRKVQ
http://service.sdchina.org.cn/pages/downloads.html
https://www.cameraitacina.com/en/news/solar-decathlon-china-2018
http://www.sdchina2017-scutpolito.com/#/
https://www.facebook.com/pg/sdchina2018/posts/
https://the-dots.com/projects/long-plan-solar-decathlon-china-2018-191421
https://www.prnewswire.com/news-releases/green-growth-green-life----solar-decathlon-china-2018-held-in-dezhou-300704529.html

Budget totale: circa 550 000 $ (circa 466 170 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2018). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 50 000 $ per completare la costruzione del prototipo. Le squadre vincenti sono premiate con premi in denaro dall'OCSDC (The Organizing Committee of Solar Decathlon China): primo posto 400 000 $; secondo posto 250000 $; terzo 150 000 $; quarto e quinto 100 000 $; dal sesto al decimo 50 000 $.

Obiettivo del team: è di proporre una soluzione abitativa contemporanea, accessibile alle famiglie giovani e alla classe media emergente cinese, energeticamente efficiente ed autosufficiente, che limita il consumo del suolo. Il team si ispira e rivisita la tipologia di casa tradizionale cinese Lingnan dwelling chiamata anche *"bamboo house"*, a pianta lunga e stretta, tipica dei quartieri storici nel Sud della Cina. Long-Plan integra comfort umano (+), risparmio energetico (-) ed effetti urbani (×), costruzione di moduli (÷). Quattro strategie per restituire alla città la vita ecologica, umanistica e tecnologica e lasciare che la storia passi al futuro.

Concept progettuale: si basa sulla modularità della pianta. La suddivisione del modulo di 3 m x 4,8 m, perpendicolare alla lunghezza totale, facilita l'espansione della casa sia orizzontalmente che verticalmente, promuove la prefabbricazione e semplifica il trasporto. Il prototipo è composto da tre macro-elementi: parete attrezzata, la fascia servizi, distribuzione e sistema acquaponica e la fascia spazi di ricreazione e svago. La presenza del patio a doppia altezza, con pareti verdi verticali migliora il microclima interno e favorisce la ventilazione naturale, inoltre riporta alla memoria le strategie passive delle case tradizionali a pianta allungata.

Dov'è ora il progetto: attualmente il progetto è stato acquistato dal Governo cinese per essere rielaborato e utilizzato su larga scala.

Risultati della competizione e del Team SCUT-POLITO

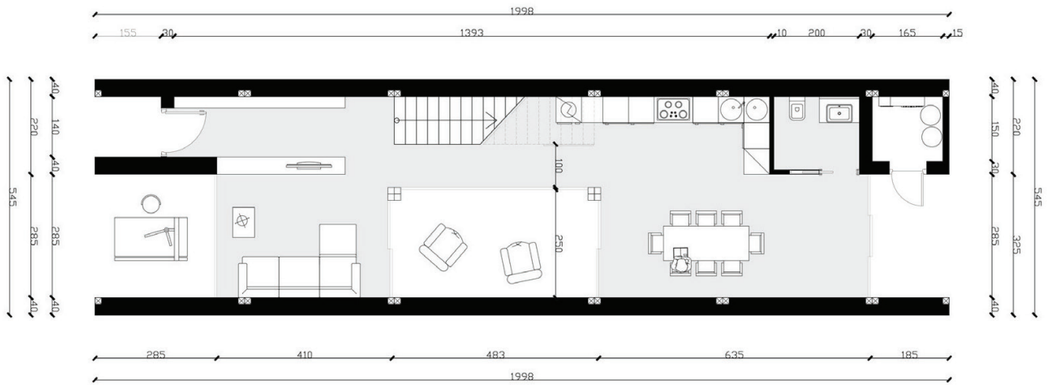
Tabella 0: Classifica generale SDC 2018

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	South China University of Technology; Politecnico di Torino (Cina-Italia)	959,73
2°	Tsinghua University (China)	948,42
3°	Shandong University; Xiamen University; National Institute of Applied Sciences of Rennes;National School of Architecture of Brittany; High School Joliot Curie of Rennes; University of Rennes 1/Superior School of Engineering of Rennes; Technical School of Compagnons du Devoir of Rennes; (Cina-Francia)	915,82
4°	Southeast University in Nanjing; Technical University of Braunschweig (Cina-Germania)	915,80
5°	Beijing Jiaotong University (Cina)	898,43
6°	Tongji University and Technical University of Darmstadt (Cina-Germania)	873,40
7°	McGill University and Concordia University (Canada)	863,82
8°	Shanghai Jiaotong University and University of Illinois at Urbana-Champaign (Cina-USA)	860,77
9°	Xi'an University of Architecture and Technology (Cina)	833,25
10°	Shenyang Institute of Engineering (Cina)	819,68
11°	Yantai University (Cina)	819,55
12°	Hunan University (Cina)	811,13
13°	Xi'an Jiaotong University; Western New England University; Politecnico di Milano (Cina-USA-Italia)	782,54
14°	New Jersey Institute of Technology and Fujian University of Technology (USA-Cina)	769,23
15°	Peking University (Cina)	762,79
16°	Shanghai University of Engineering Science (Cina)	733,2
17°	The University of Hong Kong / Beijing University of Civil Eigineering and Architecture (Cina)	674,18
18°	Indian Institute of Technology Bombay (India)	626,60
19°	Istanbul Technical University; Istanbul Kültür University; Yildiz Technical University (Turchia)	solo espositivo
20°	Washington University in St. Louis, Missouri	solo espositivo
21°	University of Nottingham, Ningbo (Cina)	ritirato
22°	College of Management Academic Studies (COMAS) Afeka College (Stato d'Israele)	ritirato

Tabella 0.1 : Squadra vincente SDC 2018. Classifica e punteggio per ogni criterio

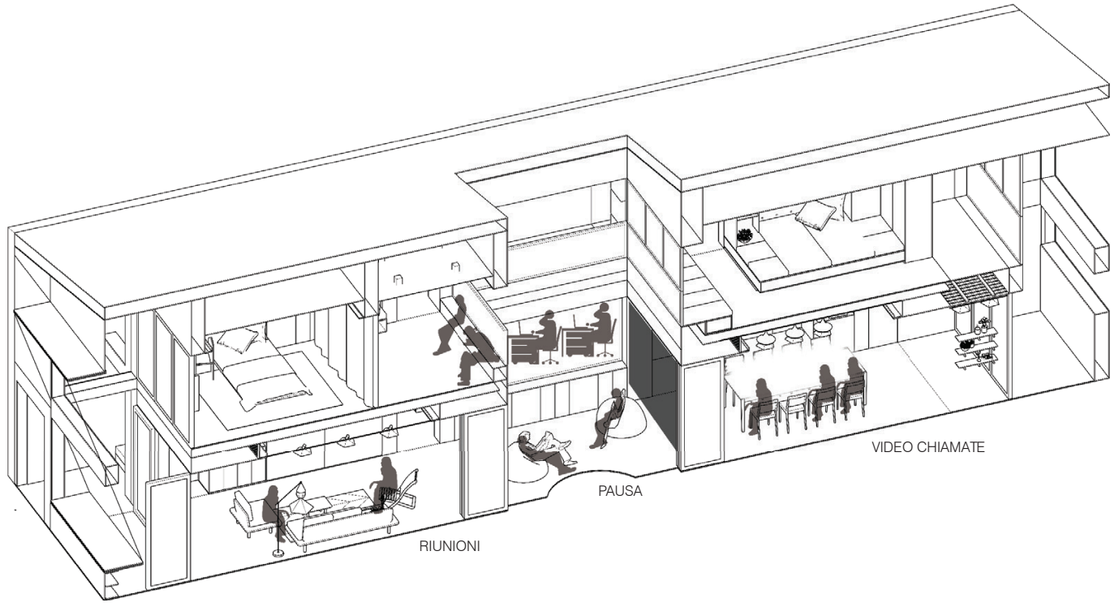
10 Criteri SDC 2018	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	2°	96
2.Attrattività sul mercato	2°	97,7
3.Ingegneria	1°	96
4.Comunicazione	4°	92,6
5.Innovazione	1°	95
6.Zona comfort	1°	94,08
7.Elettrodomestici	4°	98,68
8.Vita quotidiana	2°	99,23
9.Pendolarizmo	1°	100
10.Energia	3°	91,95
Punti Bonus e Penalità		-1,51

Pianta piano terra



Dettaglio tecnologico

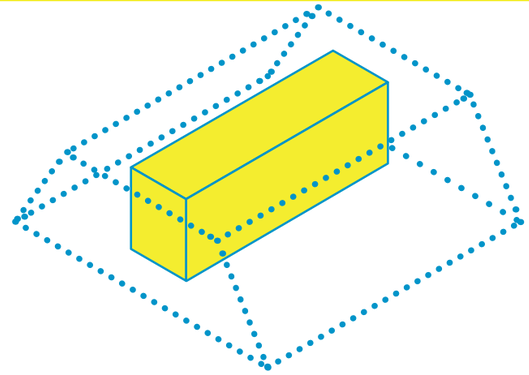
Spaccato assonometrico



1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

Solar envelope: 625 m²
Superficie netta: 109 m²
Ambiente climatizzato: 90,39 m²
Tipologia abitativa: residenziale – casa unifamiliare a due piani
Modularità urbana: il *concept* della struttura prevedere una modularità strutturale a livello architettonico. Il progetto è una casa a due piani che si adatta ai lotti stretti e lunghi, tipici dei centri storici del Sud della Cina. A livello urbano la sua distribuzione è lineare e compatta, è prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili in orizzontale in modo tale da ricoprire i lotti vuoti o creare quartieri ex nuovo di case a schiera.

53 C. Lisciandrello, Calibrated Simulation of a NZEBThe Solar Decathlon China-2018 SCUT-PoliTo Prototype House, Relatori: E. Fabrizio, M. Berta, Y. Zhang, M. Ferrata, 2018, p. 27. Fonte:https://webthesis.biblio.polito.it/8446/1/tesi.pdf

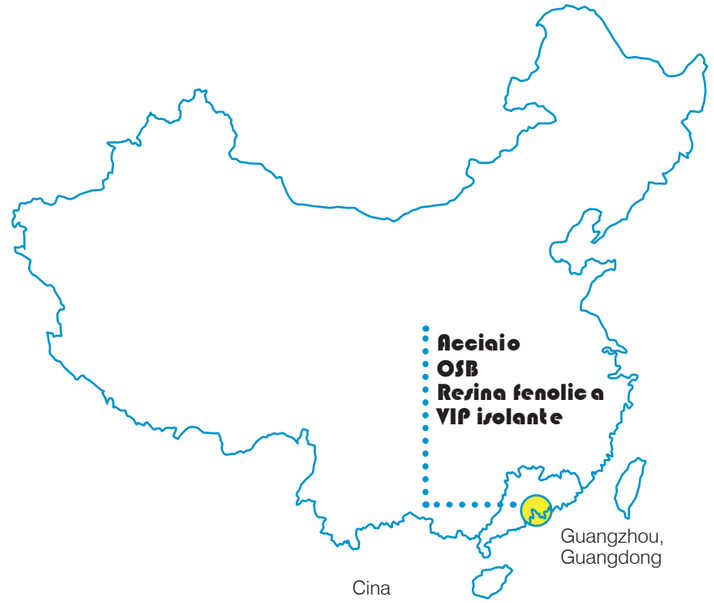


Solar envelope 625 m²
Superficie netta 109 m²
Superficie massima costruibile 200 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=54.50%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

I principali materiali[53] utilizzati per la realizzazione della casa sono: l'acciaio per la parte strutturale portante, pilastri e travi; il legno ingegnerizzato, pannelli OSB (*Oriented Strand Board*-Scaglie di legno incollate) per la realizzazione delle partizioni verticali e orizzontali; l'isolante in schiuma di resina fenolica e l'isolante sottovuoto, VIP *(Vacuum Insulation Panel)* per coibentazione delle partizioni verticali oppure orizzontali.
Acciaio
Tipologia: pilatri e travi profili HEA IPE - azienda manifatturiera *China Steel Structure Co., Ltd*
Provenienza: prodotto in Cina
Certificazione: non specificato
Legno lamellare
Tipologia: pannelli OSB - azienda manifatturiera dato non riscontrato
Provenienza: dato non riscontrato
Certificazione: dato non riscontrato
Isolante
Tipologia: pannelli in schiuma di resina fenolica - azienda manifatturiera *DuPont*
Provenienza: prodotto in China
Certificazione: non specificato
Tipologia: pannello VIP - azienda manifatturiera *Vacuum*
Provenienza: dato non rilevato
Certificazione: dato non riscontrato

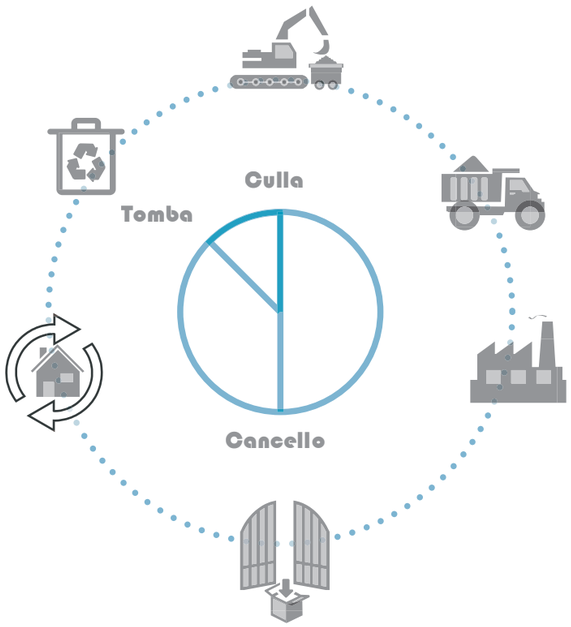


3. Trasporto-distanza e tipologia

Il prototipo è assemblato a Guangzhou, Cina. Successivamente smontato in diversi componenti per essere trasportati al sito della competizione Villaggio Solare di Dezhou, provincia di Shandong, Cina. La distanza percorsa è di 3 200 km circa andata-ritorno via mare via terra.

4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Non è stato possibile rilevare dati riguardanti la certificazione dei materiali.



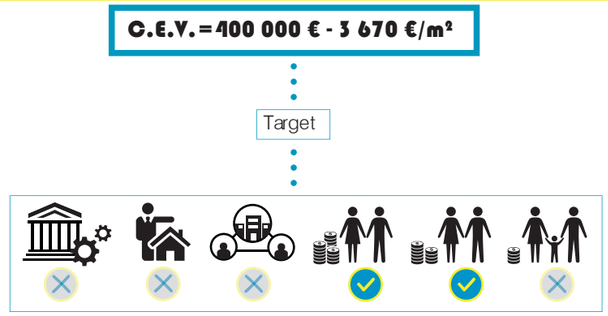
5. Accessibilità economica

54 https://www.idealista.it/news/finanza/tecnologia/2018/09/10/127667-efficienza-energetica-e-sostenibilita-long-plan-e-la-casa-del-futuro

55 https://www.stlouisfed.org/on-the-economy/2018/january/income-living-standards-china

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato dalla fascia della popolazione coppie giovani
Costo estimativo di vendita: 400 000 €.[54] Il prezzo di vendita mediano delle case vendute in Cina nel 2015 è di 7 000 ¥/m² (circa 897€/m² considerando la media del cambio annuo yuan-euro nel 2018). Per una casa di 100 m² il costo stimato è intorno a 89 700€.[55]

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDC 2018



6. Integrazione con il contesto culturale- approvazione del pubblico

Non sono state riscontrati riferimenti riguardo il premio *People's Choice Award,* Solar Decathlon Cina 2018

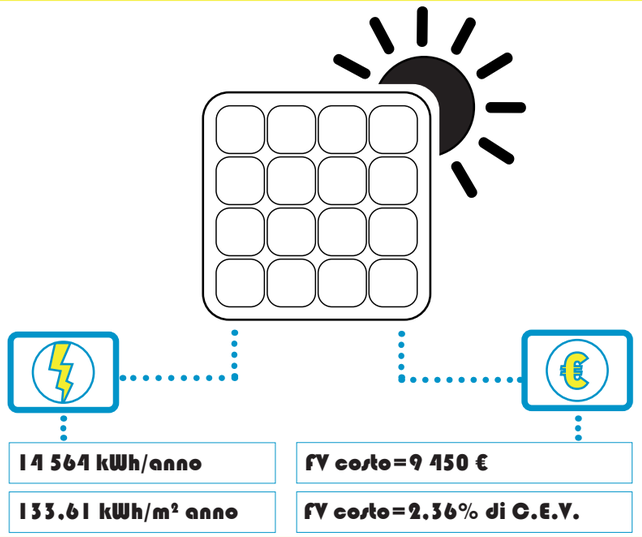
7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

56 Ibidem 53, p. 35.

57 https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/china

58 Lv Fang, Xu Honghua, Wang Sicheng, National Survey Report of PV Power Applications in China 2016, p. 6-30. Fonte: http://www.ieapvps.org/index.php?id=93&tx_damfrontend_pi1=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatEquals%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus_Rec%5D=266&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus_Rec%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BfreeID%5D=201&tx_damfrontend_pi1%5Bid%5D=93

L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 34 pannelli fotovoltaici bifacciali per un'area totale di 56,49 m² che producono un totale di energia di 10,5 kWp. La squadra sceglie due tipologie di impianto di 14 pannelli *TwinMAX 60 cell* e 20 pannelli *TwinMAX 72* cell. Il team scegli la tecnologia bifacciale per massimizzare la produzione di energia elettrica in un spazio ridotto. I pannelli vengono montati su una struttura portante rialzata in acciaio, per consentire il passaggio dell'aria e raffrescare l'impianto. Questo sistema insieme agli spruzzatori d'acqua, che mantengono puliti i pannelli, migliorano l'efficienza nelle ore più calde.[56]
Rendimento kWh/kWp annuo: 14 564 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1387 kWh/kWp annuo[57]
Produzione energetica kWh/m²anno : 133,61 kWh/m² anno
Costo estimativo FV: 9 450 € per un totale di 10 500 Wp. Il prezzo medio globale annuo dell'impianto FV nel settore residenziale nel 2016 stimato dal *National Survey Report of PV Power Applications in China 2016*[58] è di circa 7 ¥/W(0,9 €/m² considerando la media del cambio annuo yuan-euro nel 2016). La percentuale di incidenza del costo dell'impianto PV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 2,36% .
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati sulle falde del tetto piano
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *TwinMAX 60 cell* e *TwinMAX 72 cell* non sono provisti di certificazione nel 2018

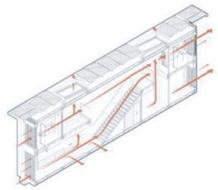


8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

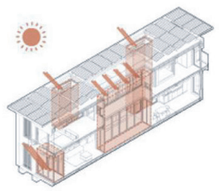
La progettazione del prototipo si basa sulla integrazione delle strategie bioclimatiche ai sistemi meccanici attivi. Il nucleo verde della casa, “Ecological core” è un patio a doppia altezza, racchiuso da porte finestre scorrevoli e coperto da un lucernaio apribile. Nella stagione estiva il patio si può aprire completamente favorendo la ventilazione naturale incorciata, al contrario in inverno accumula calore per effetto serra e lo rilascia all’interno della casa, contribuendo alla diminuzione del fabbisogno energetico per il raffrescamento ed il riscaldamento del 50%. Le due parti verdi verticali regolano l’umidità interna dell’ambiente aumentando il comfort degli utenti. Il sistema HVAC assicura condizioni ottimali in termini di temperatura e umidità mentre il riscaldamento a pavimento assicura una temperatura ideale nella stagione invernale.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDC 2018

Passive Space_

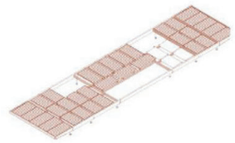


Summer Natural Ventilation

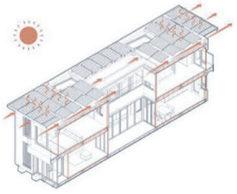


Winter Thermal Storage

High Efficiency Energy Source_



Double-sided Photovoltaic Panel

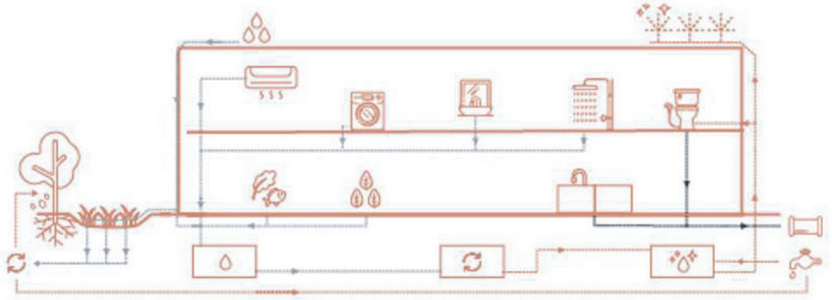


Cooling Design

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

L’acqua piovana viene raccolta e filtrata per essere riutilizzata sia per il sistema acquaponica si l’irrigazione delle pareti verdi. L’acqua grigia depurata dalle materie organiche è utilizzata per la pulizia dei pannelli fotovoltaici attraverso degli spruzzatori montati sul tetto. *

Community Water Circulation System _



Community Rain Garden

Water-cycling System

10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano per quanto riguarda i rifiuti solidi. *

* La mancanza di materile riguardo questo progetto e del Project Manual, rende difficile la lettura completa del prototipo, di conseguenza alcuni dati rigurdanti i paramtri Acqua e Gestione dei rifiuti possono essere incompleti e si basano sul materiale digitale e cartaceo trovato.

Progetti vincitori SD LAC 2015

2015-Progetto Casa Uruguaya

Team Uruguay -Universidad ORT Uruguay (Uruguay)

Fonte immagine: https://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2017/07/176_LaCasaUruguaya_5.jpg?x72000

Website di riferimento:
https://fa.ort.edu.uy/la-casa-uruguaya
http://lacasauruguaya.com.uy/es/
https://www.solardecathlon.gov/international-latin-america.html
https://building-competition.org/LA2015
http://solardecathlonlac.com/solar-decathlon-cali-2015/
https://www.mdpi.com/2071-1050/11/13/3498/htm
https://issuu.com/lacasauruguaya
https://fa.ort.edu.uy/41043/27/conferencia-sobre-energia-solar-fotovoltaica-en-la-casa-uruguaya.html (minuto 12)

Budget totale: circa 250 000 $[59] (225 474 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2015). L'organizzazione Solar Decathlon sponsorizza i team partecipanti con 80 000 €. La regola imposta dall'organizzazione SD LAC 2015 riguarda il costo di costruzione dell'unità abitativa che non deve superare 50 000 $, mentre il costo totale del progetto non deve superare i 200 000 $. Questo aspetto è valutato in fase di competizione attraverso il criterio "Progettazione urbana e Accessibilità".

Obiettivo del team: è di creare una social housing pensata per le persone di tutte le fasce sociali, che guarda verso un futuro più sostenibile. L'uso dei materiali locali e meno impattanti, l'innovazione tecnologica, l'efficienza energetica e l'integrazione olistica degli aspetti architettonici ed ingegneristici per minimizzare il consumo di risorse ed energia e garantire il comfort degli utenti, rappresentano le strategie per raggiungere l'obiettivo iniziale.

Concept progettuale: si basa sull'utilizzo dei principi bioclimatici e la flessibilità e adattamento degli spazi interni. Il prototipo si sviluppa intorno ad un corpo tecnico centrale che racchiude i servizi, bagno e cucina. Le tre camere da letto sono spazi delimitati mentre la sala multi-uso che può essere utilizzata come studio o camera da letto con un sistema di mobili salvaspazio "*Hiddenbed*".

Dov'è ora il progetto: attualmente una replica identica del prototipo partecipante alla competizione si trova nell'Espacio Ciencia all'interno dell'area LATU *(Laboratorio Tecnológico del Uruguay)* a Montevideo, Uruguay. La casa è aperta al pubblico ed è possibili visitarla ogni sabato.[60]
Il progetto della casa uruguaiana è anche in vendita, con un costo finale di 90.000 dollari che include materiali, manodopera e oneri sociali. Dal 2015 sono state vendute 3 unità abitative ed è stato edificato un piccolo hotel sostenibile a Minas, Uruguay.[61]

Risultati della competizione e del Team Uruguay[61]

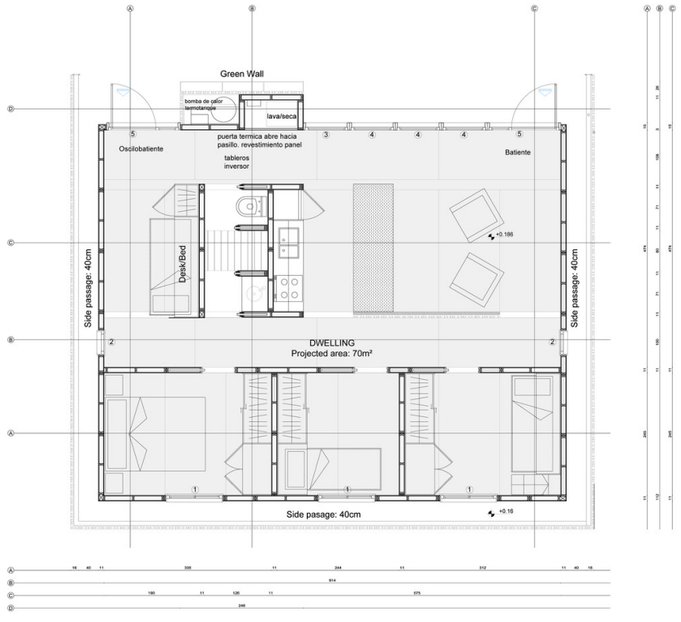
Tabella P: Classifica generale SD LAC 2015

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Universidad ORT Uruguay (Uruguay)	779,15
2°	Pontificia Universidad Javeriana de Cali and Universidad ICESI (Colombia)	777,55
3	Universidad de Sevilla and Universidad Santiago de Cali (Spagna-Colombia)	764,38
4°	Universidad Nacional de Colombia (Colombia)	N/A
5°	Universidad San Buenaventura and Universidad Autónoma de Occidente (Colombia)	754,02
6°	Universidad de los Andes (Colombia)	N/A
7°	Pontificia Universidad Bolivariana (Colombia)	N/A
8°	Universidad la Salle and Hochschule Ostwestfalen-Lippe (Colombia-Germania)	725,52
9°	Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá (Colombia)	720,44
10°	Sena Valle del Cauca (Colombia)	N/A
11°	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Querétero (Messico)	718,37
12°	Universidad Tecnológica de Panamá and Western New England University (Panamá-USA)	N/A
13°	Universidad Nacional de Ingeniería del Perú	413,54
14°	London Metropolitan University (Regno Unito)	N/A
	Pontificia Universidad Católica de Chile (Cile)	ritirato
	Universidad San Buenaventura and Universidad Autónoma de Occidente (Colombia)	ritirato

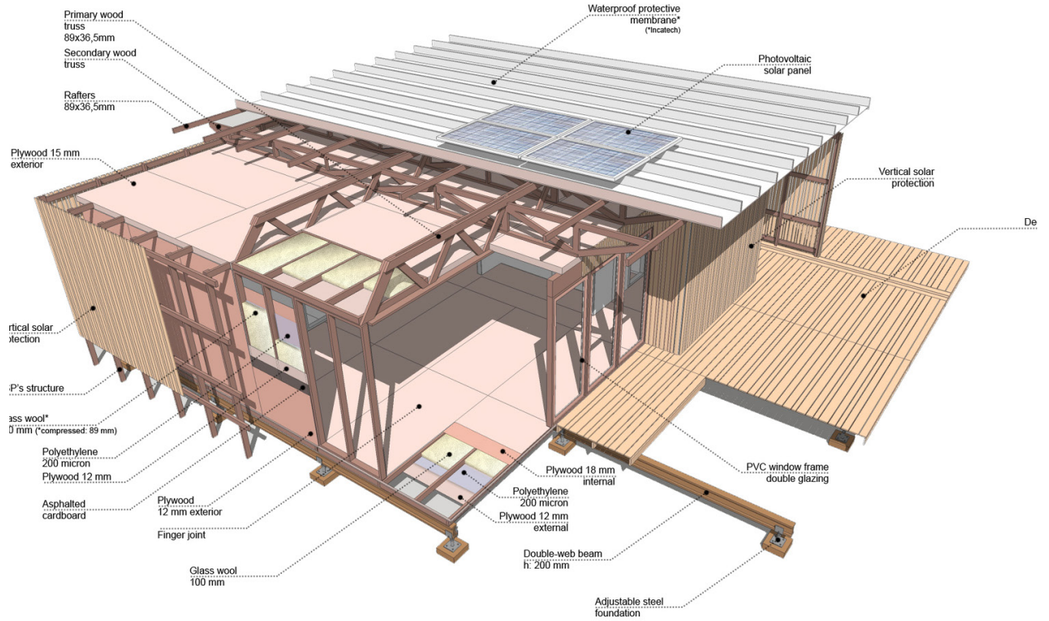
Tabella P.1 : Squadra vincente SD LAC 2015. Classifica e puteggio per ogni criterio

10 Criteri SD LAC 2015	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	N/A	84,41
2.Ingegneria e Costruzioni	N/A	74,49
3.Efficienza energetica	N/A	70,25
4.Bilancio energia elettrica	1	100
5.Condizioni di comfort	2	69,13
6.Funzionamento della casa	2	92,82
7.Comunicazione, Marketing, Sensibilizzazione sociale	N/A	78,1
8.Progettazione urbana, Accessibilità	N/A	43,45
9.Innovazione	1	78,47
10.Sostenibilità	2	84
Punti Bonus e Penalità		4

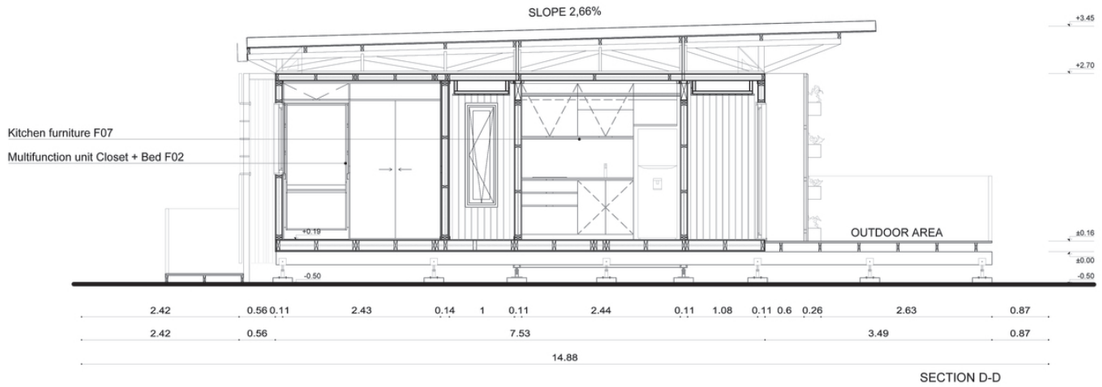
Pianta piano terra[62]



Render costruttivo



Sezione longitudinale



1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

59 https://ecos.la/8/ciencia_tecnologia/2018/12/16/29373/la-primera-casa-uruguaya-sustentable-fue-premiada-y-recorre-el-planeta/

60 http://marcapaisuruguay.gub.uy/la-casa-uruguaya-ya-se-puede-visitar-en-el-espacio-ciencia-del-latu/

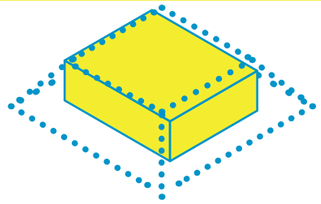
61 Ibidem 58.

61 https://caliescribe.com/es/tecnologia/2015/11/28/9173-solar-decathlon-2015-conozca-equipos

62 https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/778921/la-casa-uruguaya-gana-el-solar-decathlon-america-latina-y-el-caribe-2015?ad_medium=gallery

Solar envelope: 225 m²
Superficie netta: 101 m²
Ambiente climatizzato: 79 m²
Tipologia abitativa: residenziale – casa unifamiliare
Modularità urbana: : il *concept* della struttura si basa sulla flessibilità spaziale e adattamento in base alle necessità degli utenti. Il progetto è un edificio singolo, di un piano e non viene prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificabili. Il team propone due tipologie di unità abitative con quattro modelli S, M, L, XL (60 m², 83 m² 101 m² e 117 m²) ciasuna: il modello originale corrisponde al prototipo partecipante alla competizione ed il modello minimalista

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD LAC 2015



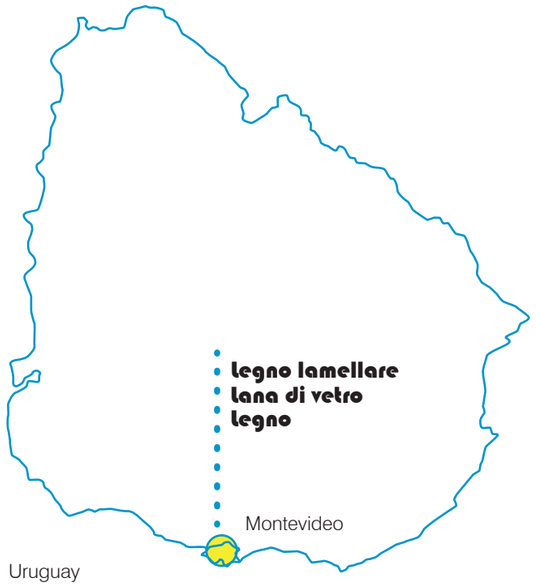
Solar envelope 400 m ²
Superficie netta 149,65 m ²
Superficie massima costruibile 150 m ²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=99.76%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

63 http://www.ort.edu.uy/fa/articulos/la-casa-uruguaya-proyecto-educativo.pdf

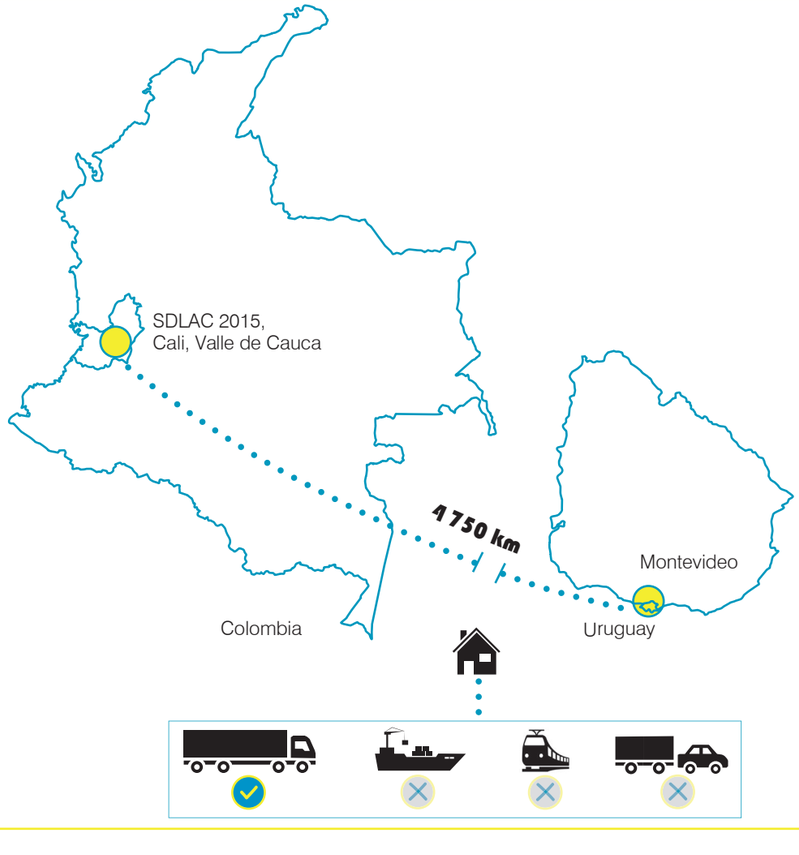
I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa partecipante alla competizione sono: il legno ingegnerizzato della specie locale Eucalyptus grandis uruguaiano per la realizzazione del sistema strutturale ballon frame e pannelli in *Plywood* (piallacci di legno incollato a strati paralleli) per le partizioni verticali e orizzontali;[63] l'isolante in lana di vetro a bassa densità nelle partizioni perimetrali verticali e orizzontali; listelli in legno *Pino Oregón* (abete) uruguaiano per il rivestimento esterno delle tre facciate Nord, Est, Ovest.
Legno lamellare
Tipologia: traversi e montanti; pannelli - azienda manifatturiera *Weyerhaeuser Uruguay S.A.*
Provenienza: legno proveniente dalle foreste dell'Uruguay
Certificazioni del prodotto: prodotto certificato FSC
Isolante
Tipologia: lana di vetro a bassa densità - azienda manifatturiera dato non riscontrato
Provenienza: dato non riscontrato
Certificazioni del prodotto: dato non riscontrato
Legno
Tipologia: listelli - azienda manifatturiera dato non riscontrato
Provenienza: legno proveniente dalle foreste dell'Uruguay
Certificazione: dato non riscontrato



3. Trasporto-distanza e tipologia

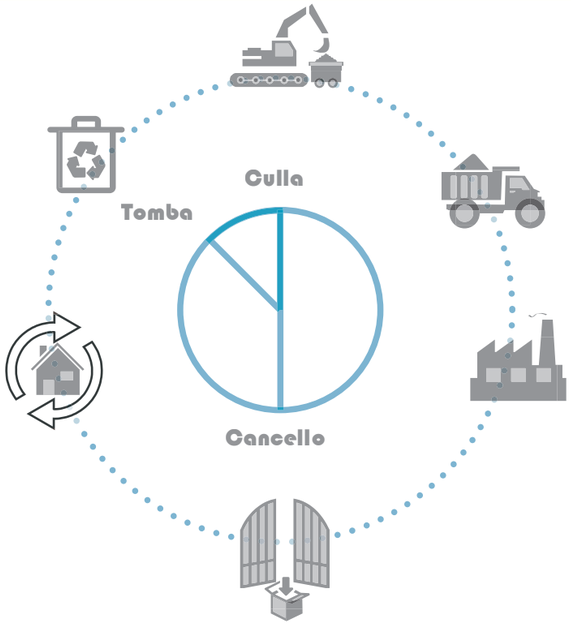
64 http://www.doblealturadeco.com/la-casa-uruguaya/

Il prototipo è costruito e assemblato nell'area di lavorazione dell'azienda *Ñandé,*[64] Montevideo Uruguay. Successivamente smontato in diversi componenti per essere trasportati via terra al sito della competizione *Campus Meléndez dell'Universidad del Valle,* Santiago de Cali, Colombia. La distanza percorsa è di 9 500 km circa andata-ritorno.



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Non è stato possibile rilevare dati riguardanti la certificazione dei materiali.



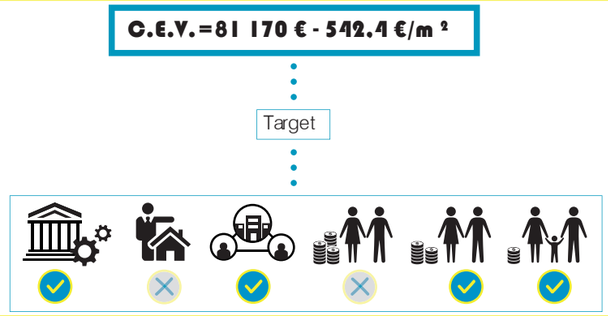
5. Accessibilità economica

65 Ibidem 59.

66 https://www.infinityinner.com/en/news-trends/sustainability/the-first-latin-american-and-caribbean-solar-has-a-winner

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato da una famiglia di cinque persone
Costo estimativo di vendita: 90 000 $[65] (81 170 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2015).
* La mancanza di materile riguardo questo progetto e del Project Manual, rende difficile la lettura completa del prototipo, di conseguenza alcuni dati rigurdanti il paramtri Accessibilità economica possono essere incompleti e si basano sul materiale digitale e cartaceo trovato.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD LAC 2015



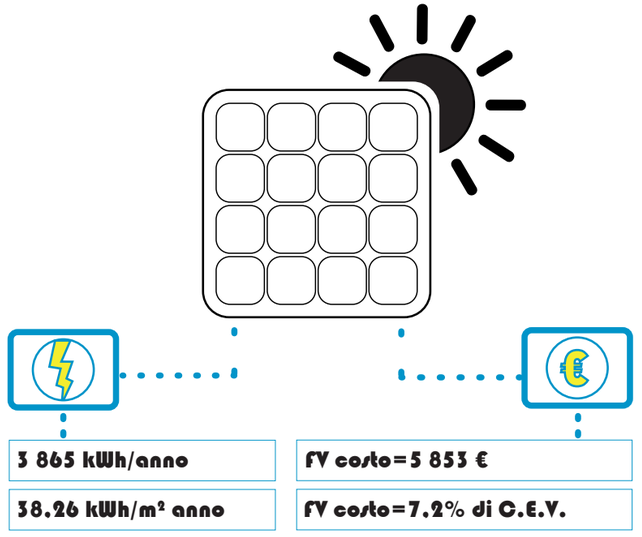
6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

Vincitore del *People's Choice Award,* Solar Decathlon America Latina e Caraibi 2015.[66]
Totale dei voti: 32 896 voti
Esempio commento del pubblico: Gustavo Dassieu: *"Congratulations, I am from Argentina and the truth is that it is a pride that our brothers in Uruguay have achieved this. I love the idea, it's like going back to the roots, when we only protected ourselves from the sun's rays under the shade of a tree, here it seems that the roof and exterior walls act as the tree that provides shade and refreshes the house in summer. Just one question, what kind of maintenance does the wood require? Can it be replaced by another material? Congratulations again and greetings."*

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

67 https://globalsolaratlas.info/?c=3.432546,-76.396101,11&s=3.428433,-76.514505&e=1

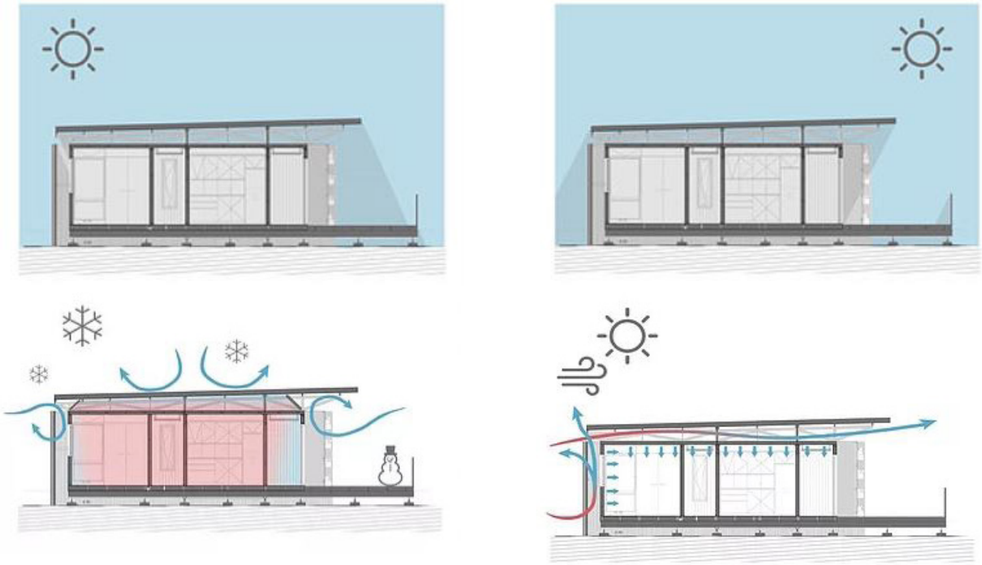
L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 10 pannelli fotovoltaici per un'area totale di 14,4 m² che producono un totale di energia di 2,5 kWp.
Rendimento kWh/kWp annuo: 3 865 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1 546 kWh/kWp annuo[67]
Produzione energetica kWh/m²anno : 38,26 kWh/m² anno
Costo estimativo PV: 6 490 $ (5 853 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2015) per un totale di 2 500 Wp. Il team indica il prezzodel kit dell'impianto fotovoltaico. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto PV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 7,2% .
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati sul tetto piano con una inclinazione d i 3°
Certificazione: dato non riscontrato



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

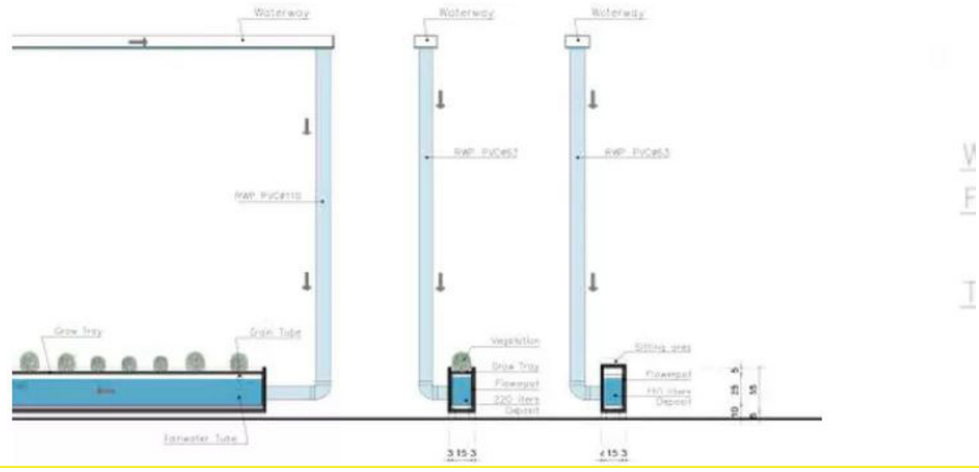
La Casa Uruguaya è una casa in grado di soddisfare le condizioni di comfort per le persone che vi abitano in modo efficiente e a consumo energetico zero. Le strategie bioclimatiche impiegate riguardano l'orientamento, l'involucro opaco a doppia pelle, la protezione dall'irraggiamento solare diretto, buon isolamento e tenuta all'aria, l'utilizzo di materiale con capacità di accumulo termico nella partizione orizzontale superiore e il doppio tetto ventilato. Il sistema della doppia pelle, costituito da listelli verticali in legno, distanziati 40 cm dal perimetro della casa, generano un microclima e permettono la ventilazione riducendo gli apporti di calore interni. Il sistema meccanico HVAC è utilizzato per garantire maggiore prestazioni di comfort interno nel caso di condizioni climatiche estreme.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SD LAC 2015



9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Riutilizzo, riciclaggio e recupero, sono le tre modalità di gestione dell'acqua. L'acqua piovana, raccolta e filtrata attraverso la fitodepurazione, collocato lungo il dato nord, è utilizzata per l'irrigazione delle piante e per alimentare il sistema idroponico. L'acqua grigia dal lavandino del bagno è incanalata alla cassetta di scarico WC. L'acqua di condensa degli impianti di climatizzazione è riutilizzata dalla lavatrice.



10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano. Non è specificata alcuna strategia di riutilizzo di alcun tipo di rifiuto organico.

Progetti vincitori SDME 2018

2018 – Progetto FutureHAUS

Team Virginia Tech - College of Architecture and Urban Studies, College of Engineering, Myers-Lawson School of Construction, Pamplin College of Business, College of Liberal Arts and Human Sciences, College of Science

Fonte immagine: https://cdnassets.hw.net/9d/26/16df8f2548939c14a60301bf0a6f/futurehaus-virginia-tech-university-05.jpg

Website di riferimento:
https://sdme-contest.com/
https://www.futurehaus.tech/
https://building-competition.org/ME2018

Budget totale: 1 501 000 $ (1 272 220 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2018). Le squadre vincenti sono premiate con premi in denaro dagli organizzatori del Solar Decathlon Middle Est 2018: primo posto 900 000 AED; secondo posto 800 000 AED; terzo 700 000 AED; quarto 550 000 AED; quinto 450 000 AED: dal sesto al ventiduesimo posto 400 000 AED.[68]

Obiettivo del team: è di rivoluzionare il settore dell'edilizia residenziale prefabbricata «the new way to build and a new way to live» creando un modello universale di abitazioni per il futuro. *"Ispirandosi alle migliori pratiche di produzione dell'industria automobilistica e aeronautica, FutureHAUS Dubai esplora il processo di prefabbricazione per fornire strutture modulari che integrano tecnologie intelligenti, sistemi ad alta efficienza energetica e nuovi materiali. Il nostro prototipo innovativo propone una casa intelligente, prodotta in fabbrica, attiva dal punto di vista energetico. L'obiettivo è non solo inventare il futuro dell'edilizia abitativa con l'integrazione di tecnologie intelligenti, ma anche inventare il futuro di come saranno costruite."*[69]

Concept progettuale: si basa sulla prefabbricazione nelle fabbriche dei componenti di una unità abitativa (ingresso cucina, bagno, locale tecnico, lavanderia, letti e mobili a scomparsa. Questi elementi, diventano macro-moduli preassemblati, cartridge, provisti di elettrodomestici, di tecnologie intelligenti e hi-tech, modelli interattivi di realtà virtuale VR e realtà mista MR e IoT (Internet degli oggetti),[70] connessioni elettriche, pronti per essere ricomposti e collegati, come un lego, nel sito di costruzione in meno di tre giorni. I macro-moduli possono essere flessibili e scorrevoli, come nel caso della parete tecnica tra camera da letto e soggiorno, che scorrendo su dei binari in acciaio consente un aumento della superficie della zona giorno o della zona notte a seconda delle necessità dell'utente.

Dov'è ora il progetto: attualmente in prototipo si trova nel campus *Drillfield* della *Virginia Tech University* a Blacksburg, Virginia, Stati Uniti d'America. Il prototipo può essere visitato dal pubblico su prenotazione. La particolarità di questo progetto sta nel suo esito. Grazie all'esposizione mediatica, FutureHAUS, ha attirato l'attenzione di imprenditori interessati nell'investire e collaborare con il *team Virginia Tech* anche dopo la competizione. Il primo progetto urbano post Solar Decathlon Middle East (finanziato da Pharrell Williams e LOWE'S) riguarda un'area di 14 ettari circa lungo le coste di Virginia Beach, per fornire nuovi modelli di alloggi a prezzi accessibili, ma accattivanti per i giovani acquirenti di case; il secondo progetto in collaborazione con Dominion Energy, uno dei maggiori fornitori di energia degli Stati Uniti, intende sviluppare una comunità micro-grid nel sud della Virginia utilizzando case su modello *cartridge*.[71]

Risultati della competizione e del Team Virginia Tech

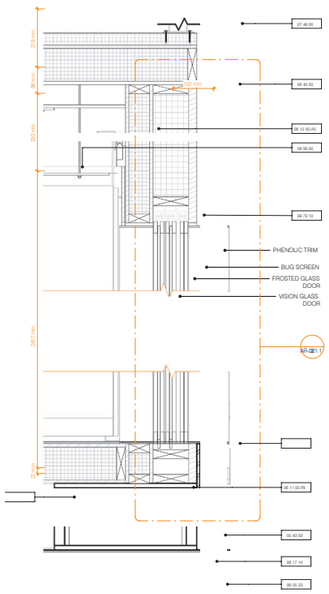
Tabella 0: Classifica generale SDME 2018

Classifica	Squadra	Punteggio totale
1°	Virginia Tech (USA)	937,83
2°	University of Wollongong (Australia)	905,56
3	University of Bordeaux; Amity University; An-Najah National University; Arts & Métiers Paris Tech; Bordeaux School of Architecture (Francia-Emirati Arabi Uniti-Palestina)	895,87
4°	Ion Mincu University of Architecture and Urbanism; Technical University of Civil Engineering, Bucharest; Birla Institute of Technology and Science, Pilani in Dubai; Polytechnic University of Bucharest (Romania-Emirati Arabi Uniti)	879,47
5°	Sapienza University of Rome (Italy)	872,55
6°	Eindhoven University of Technology (Netherlands)	862,38
7°	National Chiao Tung University (Taiwan)	768,24
8°	University of Sharjah; University of Ferrara (Emirati Arabi Uniti-Italia)	766,47
9°	Ajman University of Science and Technology (Emirati Arabi Uniti)	755,94
10°	King Saud University (Regno dell'Arabia Saudita)	734,13
11°	American University in Dubai (Emirati Arabi Uniti)	719,56
12°	American University of Ras AlKhaimah (Emirati Arabi Uniti)	652,06
13°	Islamic Science University of Malaysia; University of Technology – Malaysia (Malesia)	599,72
14°	Heriot-Watt University Dubai (Emirati Arabi Uniti)	567,56
N/A	New York University Abu Dhabi (Emirati Arabi Uniti)	0

Tabella 0.1 : Squadra vincente SDME 2018. Classifica e puteggio per ogni criterio

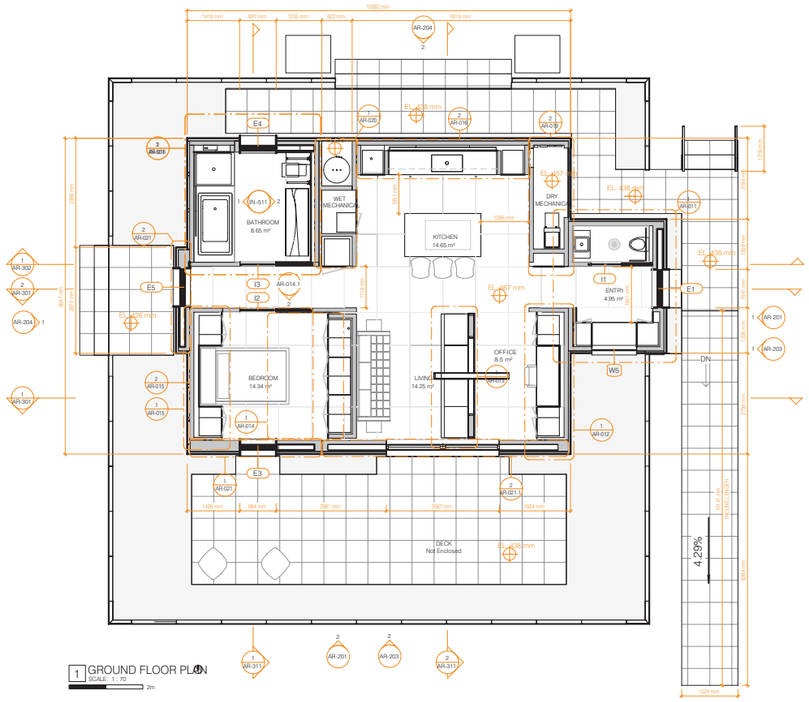
10 Criteri SDME 2018	Classifica	Punteggio totale
1.Architettura	1°	100
2.Ingegneria e costruzioni	3°	96
3.Gestione dell'energia	5°	115,69
4.Efficienza energetica	3°	77,6
5.Condizioni di comfort	3°	101,25
6.Funzionamento della casa	1°	114,96
7.Trasporto sostenibile	1°	79,97
8.Sostenibilità	2°	96,84
9.Comunicazione	10°	68,7
10.Innovazione	2°	76,83
Punti Bonus e Penalità		10

Dettaglio tecnologico



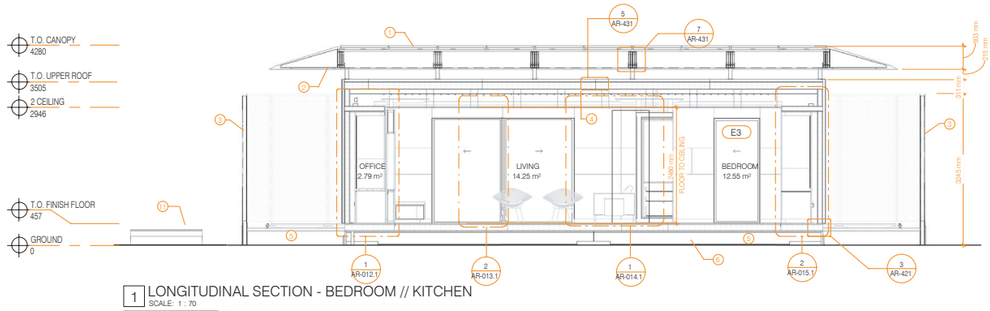
3 SLIDING DOOR WALL SECTION
SCALE: 1 : 10
1m

Pianta piano terra



1 GROUND FLOOR PLAN
SCALE: 1 : 70
2m

Sezione longitudinale



1 LONGITUDINAL SECTION - BEDROOM // KITCHEN
SCALE: 1 : 70
2m

1. Consumo del suolo-tipologia abitativa, modularità urbana

Solar envelope: 400 m²
Superficie netta: 93,5 m²
Ambiente climatizzato: 70,95 m²
Tipologia abitativa: residenziale – casa unifamiliare
Modularità urbana: Il *concept* della struttura si basa sulla flessibilità spaziale e sulla modularità degli elementi per facilitare la posa in opera. Il *team* ha suddiviso il prototipo in dodici macro-moduli prefabbricati e preassemblati, cartridge, pronti per essere trasportati e collegati tra loro in loco. Il progetto è un edificio singolo, di un piano, ma è prevista l'unione o l'associazione tra più moduli edificati per la formazione di edifici residenzili multipiano.

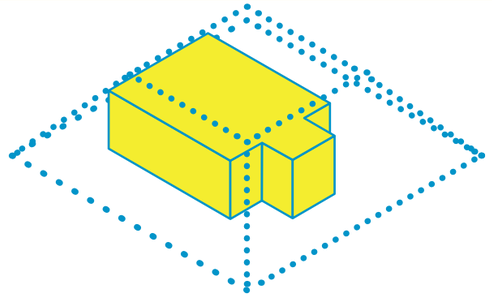
68 Il dirham è la valuta degli Emirati Arabi Uniti. Il codice ISO 4217 è AED.

69 The concept (https://www.futurehaus.tech/) accesso 19 luglio 2019; https://www.youtube.com/watch?v=Y03N7J6diME ; https://www.youtube.com/watch?v=R4kGeUoo0hE

70 L'internet degli oggetti o delle cose (IoT) fornisce infrastrutture di rilevamento, comunicazione, elaborazione e attuazione per interazioni localizzate e servizi diffusi. IoT è l'acronimo in inglese di Internet of Things, indica un insieme di tecnologie che permettono di collegare a Internet qualunque tipo di apparato. Lo scopo di questo tipo di soluzioni è sostanzialmente quello di monitorare e controllare e trasferire informazioni per poi svolgere azioni conseguenti. Fonte: https://www.internet4things.it/iot-library/internet-of-things-gli-ambiti-applicativi-in-italia/

71 Le informazioni riguardo i progetti post Solar Decathlon Middle East sono fornite dal team nel documento Virginia Tech Project Report, p. 48, reperibile sul sito ufficiale della competizione.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDME 2018

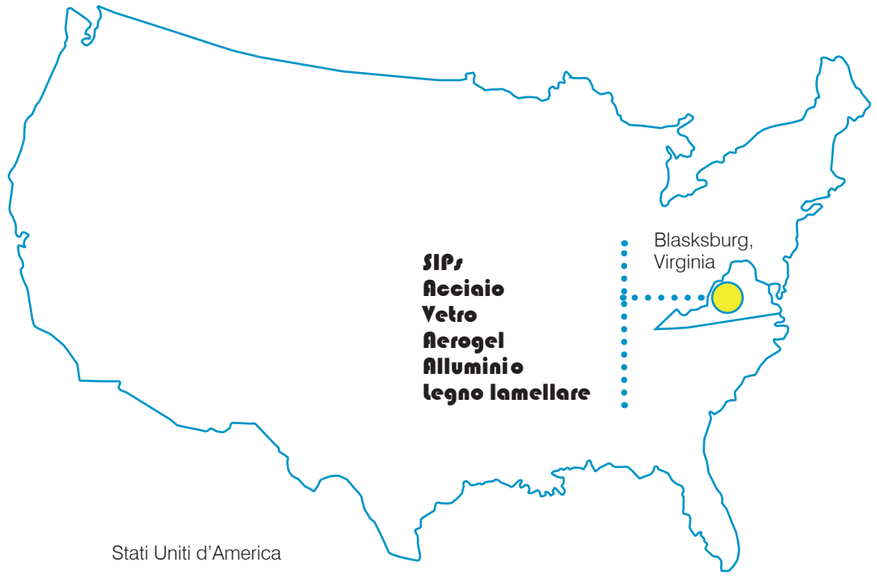


Solar envelope 400 m²
Superficie netta 93,5 m²
Superficie massima costruibile 150 m²

Rapporto % (S.n./S.m.c.)=62.33%

2. Materiali- tipologia, provenienza, certificazioni ambientali

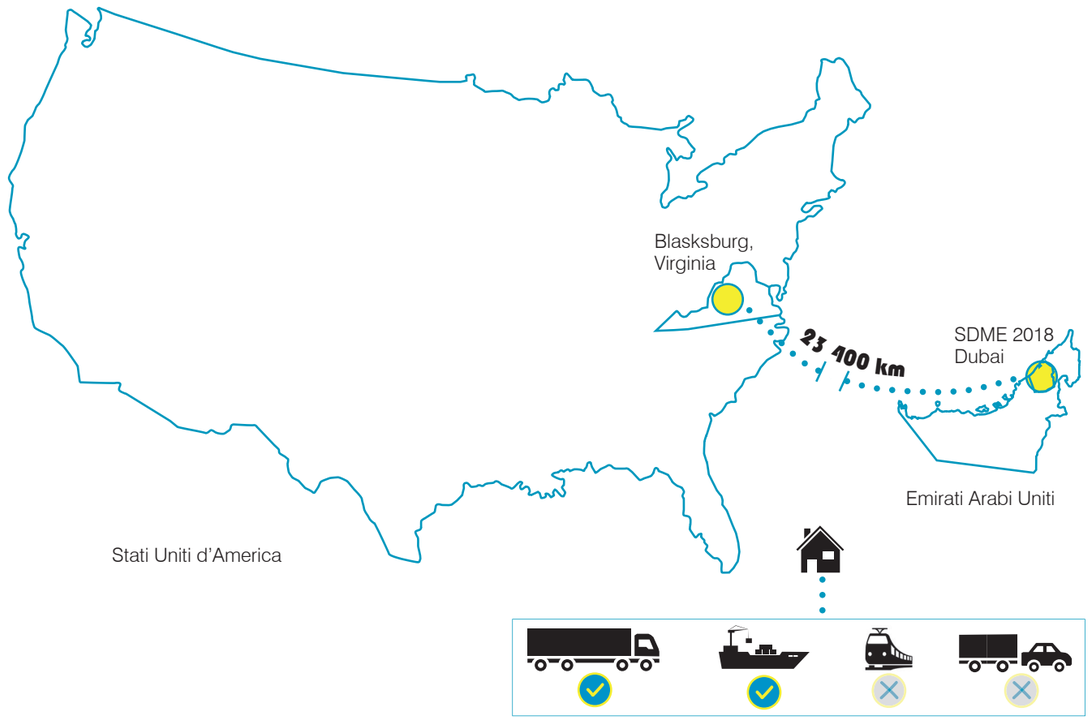
I principali materiali utilizzati per la realizzazione della casa partecipante alla competizione sono: i pannelli strutturali termoisolanti, SIPs *(Structural Insulated Panels)* composti da due starti di pannelli OSB (pannelli di scaglie di legno orientati) e uno strato di poliuretano espanso rigido PUR, utilizzati nelle partizioni esterne orizzontali e verticali che compongono i cartridge; il vetro innovativo riflettente a doppio strato, realizzato in collaborazione con i principali sponsor del team, utilizzato per il rivestimento esterno delle pareti; l'acciaio inossidabile traforato a taglio laser utilizzato per la realizzazione del buffer wall intono all'edificio; l'alluminio che compone la struttura portante del tetto rialzato; il legno ingegnerizzato MDF, pannello in legno multistrato di media densità con colle adesive a basso contenuto di VOC (composti organici volatili).
SIPs
Tipologia: pannelli strutturali in OSB-azienda manifatturiera *DuPont-Dow*
Provenienza: prodotto negli Stati Uniti d'America
Certificazioni del prodotto: prodotto certificato FSC
Vetro
Tipologia: lastre doppio vetro con uno strato sottovuoto intermedio - azienda manifatturiera *Pilkington Glass*
Provenienza: prodotto negli Stati Uniti d'America
Certificazione: prodotto non certificato nel 2018
Acciaio
Tipologia: travi e travetti; pannelli autoportanti traforati con taglio laser - azienda manifatturiera non specificato
Provenienza: non specificato
Certificazione: non specificato
Alluminio
Tipologia: telaio autoportante per il doppio tetto - azienda manifatturiera non specificato
Provenienza: non specificato
Certificazione: non specificato
Legno ingegnerizzato MDF
Tipologia: pannelli multistrato - azienda manifatturiera *Weyerhaeuser* e *Columbia Forest*
Provenienza: prodotto negli Stati Uniti d'America, legno proveniente da foreste gestite in maniera sostenibile
Certificazione: prodotto certificato FSC



3. Trasporto-distanza e tipologia

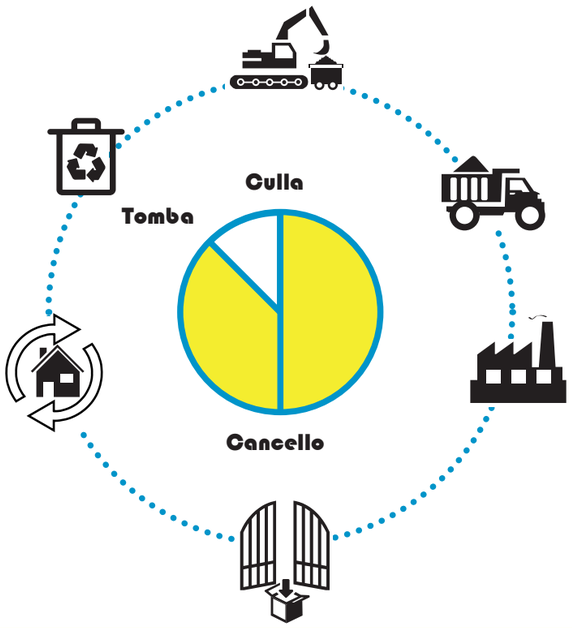
Il prototipo è assemblato nel campus dell'*Università Virginia Tech,* Blacksburg Virginia, Stati Uniti d'America. Successivamente smontato in diciotto macro componenti, cartridges, per essere trasportati via mare e via terra al sito della competizione *Solar Innovation Park,* Dubai, Emirati Arabi Uniti. La distanza percorsa è di 46 800 km circa andata-ritorno e sono strati impiegati cinque container e cinque camion a rimorchio singolo.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDME 2018



4. LCA-considerazione del life cycle assesment

Nell'ottica della riduzione del consumo di energia e delle emissioni di anidride carbonica, il team elabora e utilizza l'analisi LCA del prototipo come uno strumento di progettazione e di supporto per la scelta dei principali materiali costruttivi. Gli impatti ambientali di ogni materiale sono calcolati attraverso l'integrazione di due *software, Tally LCA* e *Autodesk Revit* e considera le seguenti fasi del ciclo di vita dell'edificio: fabbricazione, trasporto, manutenzione e fine del ciclo di vita. Questo strumento consente al team di verificare opzioni alternative per diminuire l'impronta ecologica del prototipo.

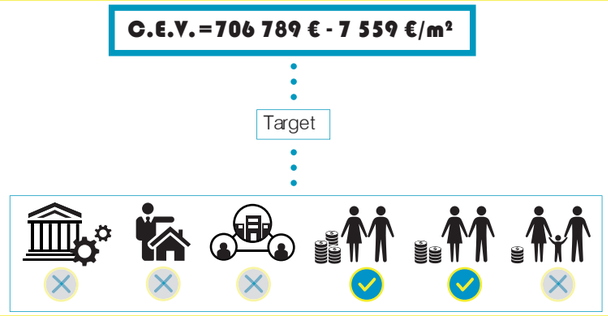


5. Accessibilità economica

72 FRED, Economic Research Federal Reserve Bank of St. Louis, Median Sales Price of Houses Sold for the United States, 2018. Fonte:https://fred.stlouisfed.org/series/MSPUS

Target: il *target* di riferimento considerato dal team è rappresentato da tutte le fasce demografiche
Costo estimativo di vendita: 833 900 $ (706 789 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2018). Il prezzo di vendita mediano delle case vendute negli Stati Uniti d'America nel 2018 oscilla tra 331 800 $ e 322 800 $.[72]

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDME 2018



6. Integrazione con il contesto culturale-approvazione del pubblico

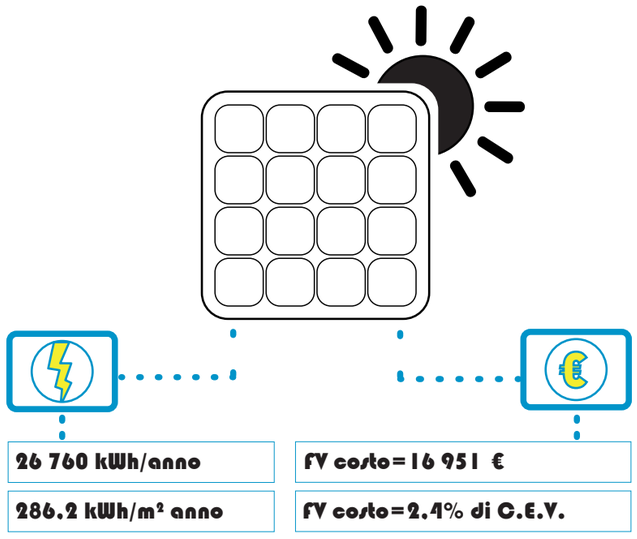
Non vincitore del *People's Choice Award,* Solar Decathlon Middle East 2018.[73]
Totale dei voti: 9 447 voti; il vincitore del premio *People's Choice Award, Team MizanHome-Universiti Teknologi Malaysia,* Universiti Sains Islam Malaysia (che occupa la posizione numero 13 nella classifica ufficiale Solar Decathlon Europe su un totale di 14 squadre partecipanti).
Esempio commento del pubblico: Non disponibile

73 https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf3iAUOgK-QhFE9vjLdkQF6wdfXilMXF63mtCuo7p3Dqq1p2A/viewanalytics

7. Impianto fotovoltaico-rendimento, produzione energetica, costo, posizionamento, certificazione

74 https://globalsolaratlas.info/?c=3.432546,-76.396101,11&s=3.428433,-76.514505&e=1info/?c=25.018418,55.816438,9&s=24.821639,5i5.40044&e=1info/?c=25.018418,55.816438,9&s=24.821639,55.40044&e=1

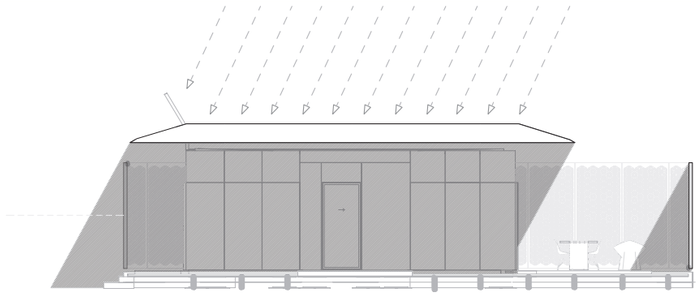
L'impianto fotovoltaico proposto dal team è composto da 40 pannelli fotovoltaici per un'area totale di 70 m² che producono un totale di energia di 15 kWp. La squadra sceglie l'impianto *LG-360Q1C-A5* realizzati con celle fotovoltaiche monocristalline. L'impianto è pre-assemblato su telai in acciaio modulari, pronti per essere connessi tra di loro nel sito della costruzione. Gli elementi modulari sono stati appositamente progettati per adattarsi al concetto di *cartridge*. Un secondo impianto fotovoltaico incorpora la tecnologia *Pilkington Sun-Plus* un sistema di celle BIPV *(Building Integrated Photovoltaic)* integrate nella porta scorrevole di vetro con esposizione Sud.
Rendimento kWh/kWp annuo: 26 760 kWh/anno, considerando l'irraggiamento solare di 1 778 kWh/kWp annuo
Produzione energetica kWh/m²anno : 286,2 kWh/m² anno[74]
Costo estimativo FV: 20 000 $ (16 951 € considerando la media del cambio annuo dollaro americano-euro nel 2018) per un totale di 15 000 Wp. Il *team* indica il prezzo di un pannello fotovoltaico. La percentuale di incidenza del costo dell'impianto FV sul totale del costo estimativo di vendita della casa è di circa 2,4 % .
Posizionamento: I pannelli fotovoltaici sono stati installati sul tetto piano con la possibilità di inclinare di 85° i pannelli perimetrali per premettere un maggior solare durante le ore mattutine e pomeridiane
Certificazione: i pannelli fotovoltaici *LG-360Q1C-A5* non sono provisti di certificazione nel 2018



8. Condizione di comfort-sistema passivo/attivo

Il progetto FutureHAUS si inserisce in un contesto climatico estremo, con un clima molto caldo e umido con occasionali tempeste di sabbia. L'obiettivo del team è di garantire condizioni di comfort ottimali e un bilancio energetico netto positivo. Le strategie passive applicate consentono una riduzione della richiesta di energia del 50% per il raffrescamento ed il riscaldamento. La zona cuscinetto che si forma intorno all'edificio grazie alle pareti verticali in acciaio inossidabile traforato riduce il guadagno termico diurno e consente una ventilazione naturale forzata attraverso i fori. La sporgenza del tetto sui tre lati, Sud, Est e Ovest crea zone di ombra che riducono l'irraggiamento diretto sulle pareti perimetrali. Il doppio tetto favorisce il passaggio delle correnti d'aria e consente una maggiore efficienza dell'impianto fotovoltaico e un minor guadagno di calore durante il giorno. Il soffitto è provvisto di un materiale a cambiamento di fase che accumula il calore durante il dì e lo rilascia durante le ore notturne dove si sperimenta una marcata escursione termica. Le condizioni di comfort ottimali sono raggiunte grazie all'impiego di un impianto HVAC e un recuperatore di energia ERV.

Capitolo 1. Analisi progetti vincitori SDME 2018



1 BIOCLIMATIC DIAGRAM
SCALE 3/16" = 1'-0"

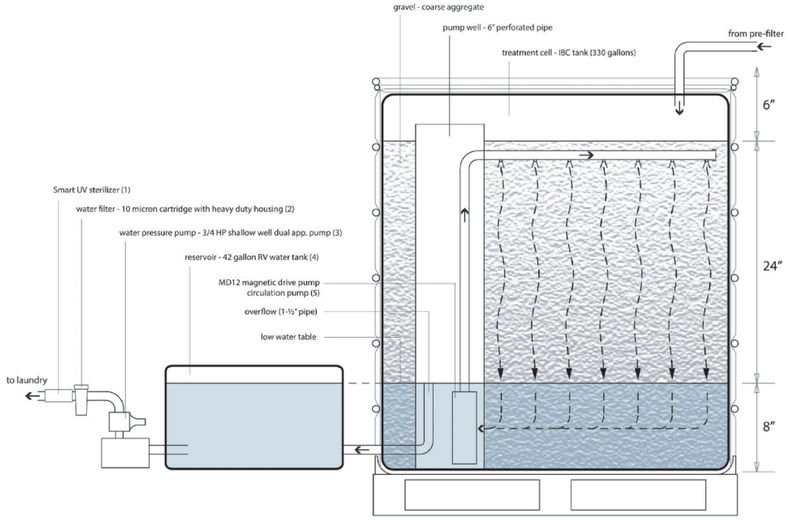
THE SOLAR CANOPY PROVIDES SHADING TO THE HOUSE AND GARDEN AREAS BELOW WHILE CAPTURING THE SUN'S HEAT AND ENERGY THROUGH THE EXPANSIVE PHOTOVOLTAIC ARRAY AND SOLAR THERMAL PANELS ABOVE.

1 BIOCLIMATIC DIAGRAM
SCALE 3/16" = 1'-0"

SCREEN WALLS BLOCK SANDSTORMS AND STRONG WINDS, WHILE ALLOWING A FRESH BREEZE TO ENTER INTO THE GARDEN SPACE. INTERSTITIAL SPACE BENEATH THE CANOPY ALLOWS AIR TO VENTILATE AND COOL THE UNDERSIDE OF THE SOLAR PANEL TRAYS.

9. Acqua-Strategie di raccolta/uso

Le strategie di recupero dell'acqua sono state sviluppate dal team per ridurre il consumo di acqua potabile del 90%. Il sistema di riciclaggio dell'acqua della doccia, Orbital Shower System, utilizza un sensore di opacità dell'acqua per differenziare il grado di pulizia e di contaminazione. Se il sensore rileva la presenza di acqua pulita nello scarico, la assorbe e rimette in circolo. Se rileva la presenza di acqua contaminata, la fa deviare al sistema Subsurface Wetlands per la filtrazione e fitodepurazione. L'acqua della doccia riciclata consente di risparmiare energia grazie al recupero e riutilizzo dell'energia da acqua pre-riscaldata. Il sistema Subsurface Wetlands ricicla tutta l'acqua grigia in arrivo attraverso quattro fasi: pre-filtrazione, trattamento biologico, filtrazione finale e disinfettazione attraverso i raggi UV.



10. Gestione dei rifiuti organici-rifiuti fognari, compostaggio

Il prototipo dipende da un sistema di fognatura urbano e non ha previsto nessun sistema di compostaggio di alcun tipo di rifiuto organico.

Conclusioni di fine analisi Solar Decathlon Cina 2013, 2018; Solar Decathlon Latino America e Caraibi 2015; Solar Decathlon Medio Oriente 2018

Solar Decathlon Cina 2013, 2018
Quantitative-deduzioni

10 Parametri	SD 2013	SD 2018
1. Consumo suolo (S.n./S.m.c)	46,70%	54,50%
2. Materiali (nazionale/internazionale)	nazionale	nazionale
3.Trasporto (distanza percorsa)	9 750 km	1 600 km
4. LCA	non utilizzato	N.D.
5. Accessibilità economica	2 576 €/m²	3 670 €/m²
6. Integrazione (approvazione pubblico)	N.D.*	N.D.
7. FV-kWh/m²anno -posizionamento	139,59 tetto	133,61 tetto
8. Comfot passivo/attivo	passivo/attivo	passivo/attivo
9. Acqua (strategie raccolta/uso)	utilizzate	utilizzate
10. Gestione rifiuti (strategie alternative)	parziale	N.D.

Qualitative-riflessioni e deduzioni
2013 – il prototipo è utilizzato come una casa temporanea, affittabile per brevi periodi e si trova nel UOW Sustainability Street, un nuovo distretto della sostenibilità situato nell'Innovation Campus del Sustainable Building Research Centre, Wollongong, Australia.
2018 – il prototipo è stato acquistato dal Governo cinese e non sono più accessibili pubblicamente le informazioni riguardo gli step progettuali.
I due progetti vincitori delle due edizioni Solar Decathlon Cina sono diversi tra loro. Il progetto Illawarra Flame House 2013 è una casa monofamiliare n-ZEB orientata alle esigenze della popolazione australiana, in particolare di creare una proposta di riqualificazione e di bonifica delle case monofamiliari prefabbricate in amianto. Mentre il progetto Long-Plan 2018 è orientato a soddisfare la richiesta del regolamento della competizione, di proporre una soluzione abitativa contemporanea, accessibile alle famiglie giovani e alla classe media emergente cinese, energeticamente efficiente ed autosufficiente, che limita il consumo del suolo. In entrambi i casi la tipologia di abitazione è unifamiliare con una ridotta impronta a terra dell'edificio. Infatti le squadre costruiscono solo il 50% della superficie costruibile assegnata dalla competizione.
Il parametro "Materiali" ha evidenziato anche una differenza nell'uso dei materiali e delle tecniche costruttive. Nel caso di progetto Illawarra Flame House 2013 la struttura portante è in legno ingegnerizzato e rivestimento in scandole di legno massiccio provenienti da aree limitrofe. Mentre Long-Plan 2018 ha una struttura in acciaio sponsorizzato da un'acciaieria nazionale. Data l'impossibilità di consultare i materiali ufficiali è stato impossibile stabilire il grado di certificazione dei materiali.
I progetti sono indirizzati in entrambi i casi ad una fascia della popolazione con reddito medio, medio-alto.
L'impianto fotovoltaico richiesto dalla competizione deve raggiungere un massimo di 10 kWp, così come nel caso dei progetti americani quindi si tende a promuovere una produzione energetica molto elevata. Le squadre vincenti scelgono impianti molto prestazionali, bifacciali nel caso di Long-Plan 2018, per aumentare la produzione di energia elettrica, oppure ad elevato potere di assorbimento anche in condizioni di ombreggiamento come nel progetto Illawarra Flame House 2013 per soddisfare la richiesta di energia.
Il parametro "Comfort (strategie attive/passive)" consente di evidenziare come le condizioni ottimali di comfort interno (temperatura, umidità relativa, qualità dell'aria) richieste dal regolamento sono affidate ai sistemi meccanici attivi, alimentati dall'energia proveniente dagli impianti fotovoltaici. Come richiesto dalla competizione, le squadre prevedono anche sistemi passivi di guadagno termico e raffrescamento passivo efficienti, progettati per contribuire alla diminuzione del fabbisogno energetico per il raffrescamento ed il riscaldamento del 50% nel Long-Plan 2018.
Dal parametro "Acqua" emerge che entrambe le squadre vincenti fanno uso di strategie di recupero e riutilizzo dell'acqua integrate al prototipo attraverso un sistema di fitodepurazione naturale. Mentre la gestione dei rifiuti è orientata al compostaggio.

Solar Decathlon America Latina e Caraibi 2015
Quantitative-deduzioni

10 Parametri	SD 2015
1. Consumo suolo (S.n./S.m.c)	99,76%
2. Materiali (nazionale/internazionale)	nazionale
3.Trasporto (distanza percorsa)	4 750 km
4. LCA	N.D.*
5. Accessibilità economica	542,4 €/m²
6. Integrazione (approvazione pubblico)	vinto
7. FV-kWh/m²anno -posizionamento	38,26 tetto
8. Comfot passivo/attivo	passivo/attivo
9. Acqua (strategie raccolta/uso)	utilizzate
10. Gestione rifiuti (strategie alternative)	non utilizzate

Qualitative-riflessioni e deduzioni
2015 – Il progetto della casa uruguaiana è anche in vendita, con un costo finale di 90.000 dollari che include materiali, manodopera e oneri sociali. Dal 2015 sono state vendute 3 unità abitative ed è stato edificato un piccolo hotel sostenibile a Minas, Uruguay.

La particolarità del progetto è di creare una social housing pensata per le persone di tutte le fasce sociali soprattutto le più vulnerabili, che guarda verso un futuro più sostenibile non solo per le classi avvantaggiate. Per soddisfare tale richiesta la competizione impone un tetto massimo di 50 000 $ per il costo di costruzione di e un costo totale del progetto urbano di 200 000 $. La strategia proposta dal progetto uruguaiano è basata sulla modularità e flessibilità degli ambienti interni al fine di soddisfare le richieste degli abitanti.
Il costo di vendita proposto dal team è di 540 €/m² incluse tutti gli impianti per una superficie di 100 m² che soddisfa le esigenze di una famiglia di 5 persone.

Il progetto Casa Uruguaya è l'unico ad aver vinto il premio People's Choice Award che certifica l'accettabilità da parte del pubblico.

Solar Decathlon America Medio Oriente 2018
Quantitative-deduzioni

10 Parametri	SD 2018
1. Consumo suolo (S.n./S.m.c)	62,33%
2. Materiali (nazionale/internazionale)	nazionale
3.Trasporto (distanza percorsa)	23 400 km
4. LCA	utilizzato
5. Accessibilità economica	7 559 €/m²
6. Integrazione (approvazione pubblico)	non vinto
7. FV-kWh/m²anno -posizionamento	286,2 tetto
8. Comfot passivo/attivo	passivo/attivo
9. Acqua (strategie raccolta/uso)	utilizzate
10. Gestione rifiuti (strategie alternative)	non utilizzate

Qualitative-riflessioni e deduzioni
2018 – attualmente in prototipo si trova nel campus Drillfield della Virginia Tech University a Blacksburg, Virginia, Stati Uniti d'America. Invece il concept progettuale ha attirato l'interesse di due investitori e sviluppatori immobiliari privati. Il primo riguarda un'area di 14 ettari circa lungo le coste di Virginia Beach, per fornire nuovi modelli di alloggi a prezzi accessibili, ma accattivanti per i giovani acquirenti di case; intende sviluppare una comunità micro-grid nel sud della Virginia utilizzando case su modello cartridge (concept proposto dal team).
Il progetto vincente di questa competizione si pone l'obiettivo di rivoluzionare il modo di costruire e di usufruire l'edilizia residenziale. L'unità abitativa è definita dall'unione dei cartridge intesi come macro-moduli assemblabili, contenenti le funzioni principali di una casa. Un modello molto simile alla "costruzione a favo"[1] proposta dagli studenti del Bauhaus nel 1923, dove "al corpo principale contenente il soggiorno, si potevano aggiungere otto diverse "celle prefabbricate". Alla prefabbricazione si unisce un altissimo livello tecnologico, dove i sensori consentono l'adeguamento di ogni elemento alle esigenze dell'utente, siano esse legate all'altezza dell'utente, all'intensità luminosa, alla gestione dell'energia e del consumo di acqua, all'efficienza energetica. Il prototipo non è inteso come singola abitazione, ma come un insieme di *cartridge*.

1 M. Droste, Bauhaus. 1919-1933 Riforma e avanguardia, Taschen, Slovacchia, 2015, p.40.

Conclusioni

La ricerca effettuata in questo lavoro di tesi è stata orientata a stabilire la possibile efficacia della competizione Solar Decathlon nel produrre prototipi di abitazione adatti alle esigenze del contesto africano, in relazione alle tendenze dell'incremento demografico, dell'urbanizzazione e dell'elettrificazione, per contribuire allo sviluppo sostenibile[1] inteso nella sua triplice dimensione (sociale, economica, ambientale) e a individuare le criticità e le potenzialità che ruotano intorno a questa esperienza globale. La ricerca si è svolta in fasi successive di elaborazione, seguendo un processo di sintesi storica dell'evoluzione del concetto "solare" e di analisi, in primis dell'habitat africano e successivamente dei progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018.

1 Lo sviluppo sostenibile fa riferimento a tre dimensioni: sociale, economico e ambientale. Ognuna di queste dimensioni si propone di raggiungere degli obiettivi: il potenziamento, la partecipazione, la mobilità sociale, la coesione sociale, l'identità culturale, sviluppo istituzionale per la dimensione sociale; la crescita, l'equità, l'efficienza per la dimensione economica; l'integrità eco sistemica, la capacità di carico, la biodiversità, la resilienza per la dimensione ambientale. Promuovere lo sviluppo sostenibile significa ricercare l'equilibrio fra questi tre diverse dimensioni e obiettivi.

2 Nazioni Unite, Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, obiettivo 7 Energia pulita e accessibile.
Fonte: https://www.unric.org/it/agenda-2030

Esiti Solar Decathlon Africa

Sulla base delle ricerche svolte emerge che, il Solar Decathlon Africa non promuove la progettazione di prototipi abitativi che rispondono alle esigenze della popolazione in relazione all'incremento demografico e all'crescente tasso di urbanizzazione, al grado di elettrificazione del territorio e non contribuisce allo sviluppo sostenibile della popolazione in quanto non abbraccia la dimensione economica e sociale. Infatti la competizione come strutturata, non si adatta al contesto urbano africano fragile, vulnerabile e instabile, dove più del 60% della popolazione vive in condizioni di disagio estremo senza l'accesso ai beni di prima necessità (come acqua potabile, servizi fognari, elettricità) in aggregati di strutture informali che compongono città-slum. Mentre si pone come obiettivo la dimensione architettonica ecotecnologica, che grazie all'innovazione high tech raggiunge prestazioni ottimali di comfort interno e consumo energetico anche in condizioni climatiche estreme, distaccandosi dall'approccio tradizionale del know how locale nella fase costruttiva e gestionale. Questo metodo non soddisfa le richieste della stragrande maggioranza di persone e alimenta ulteriormente il forte distacco socio-economico all'interno delle aree urbane, marcando la segregazione a pattern di classi di appartenenza. Non viene promossa una mixité funzionale che si sviluppa in verticale minimizzando il consumo del suolo, ma promuove un'espansione diffusa di case unifamiliari, secondo il modello americano. I materiali proposti sono vari e possono fare riferimento (come nel caso del progetto *Inter House)* a materiali locali, ma spesso sono delle interpretazioni innovative che vanno oltre il sapere della manodopera locale e le possibilità economiche dei futuri acquirenti, in quanto questi materiali sono importati dall'estero. La sostenibilità intesa nella sua tri-dimensione (sociale, economica e ambientale) diventa in realtà unidimensionale o al massimo bidimensionale, infatti si fa attenzione alla certificazione dei prodotti costruttivi (etichettature di tipo I, II, III) oppure alla possibilità di certificare la casa attraverso enti certificatori LEED *(Leadership in Energy and Environmental Design)*, BREEAM *(BRE Environmental Assessment Method),* HQE *(Haute Qualité Environnementale)*, GBTool/SBTool (gestito dal *Green Building Challenge*), ma non alla resilienza di queste strutture e all'adattamento di essi al contesto in cui si trovano, rendendo questi edifici dipendenti dall'energia per il loro funzionamento in un contesto in cui *"3 miliardi di persone dipendono da legno, carbone, carbonella o concime animale per cucinare e per scaldarsi"*.[2] L'aspetto economico riguardo i costi di costruzione o di vendita è uno dei più critici. I team hanno a disposizione un budget di partenza sponsorizzato dagli istitutori, di 50 000 $ che supera, ad esempio, il tetto massimo (40 000 $) del 95% della popolazione marocchina in termini di acquisto di un alloggio, a prescindere dalla tipologia (villa unifamiliare o un appartamento).

Esiti edizioni Solar Decathlon dal 2002 al 2018

Le analisi effettuate sui progetti vincitori delle edizioni Solar Decathlon continentali organizzate dal 2002 al 2018 e le ricerche sull'evoluzione del Solar Decathlon, evidenziano un andamento simile a quanto sopra riportato. Infatti i prototipi edilizi proposti sono sempre più prestazionali, efficienti energeticamente e molto innovativi, ma orientati a una fascia ristretta della popolazione dal reddito medio-alto, alto. Inoltre i prototipi vincitori hanno avuto fino ad ora un riscontro effettivo sulla realtà edilizia solo in cinque casi su quindici. Quattro progetti vincitori sono stati acquistati da acquirenti privati (in alcuni casi all'asta o comunque a prezzi molto inferiori rispetto al costo ipotizzato dal team) e utilizzati attualmente come edifici residenziali (BASE+concept 2002, BioS(h)IP 2005, Casa Uruguaya 2015, Long-Plan 2018), mentre nel quinto caso, il concept progettuale del FutureHAUS 2018 ha attirato l'interesse di due investitori e sviluppatori immobiliari privati con l'intento di realizzare interventi progettuali su larga scala. I rimanenti dieci prototipi sono rientrati nei paesi di origine e ad oggi svolgono il compito di casi studio per la ricerca e lo sviluppo oppure sono esposti al pubblico e intesi come esempi di ispirazione per la sostenibilità edilizia.
Successivi risultati derivanti dalle analisi attraverso la metodologia dei 10 parametri, ha messo in evidenza due macro tipologie di approcci progettuali e una serie di criticità che possono essere raggruppate come segue.

3 Un progetto per il Solar Decathlon Europe, a cura di A. Rogora e P. Carli, Legislazione Tecnica, Roma, 2017, p. 72.

Approccio prototipale

L'approccio prototipale monodimensionale e multidisciplinare fa riferimento alla *"cultura abitativa"*[3] americana (così come identificato nel percorso evolutivo dell'architettura solare nella Parte I), che viene proposta nelle edizioni Solar Decathlon Stati Uniti, Cina e Medio Oriente. Esso consiste nella progettazione e costruzione di prototipi di abitazione unifamiliari prefabbricate, attente all'aspetto energetico, all'efficienza e all'innovazione tecnologica delle tecniche costruttive e dei materiali, con una superficie coperta che varia dai 75 m^2 ai 200 m^2. Questi prototipi prescindono dal contesto storico, culturale, sociale e climatico-ambientale. Infatti i team non propongono studi territoriali dell'area in cui vanno ad inserire il prototipo, eccetto tre casi in cui vengono accennate problematiche ambientali legate all'acqua o alla disponibilità di terreno edificabile, in quanto intendono i loro progetti come adattabili a qualsiasi contesto, grazie alla loro capacità di garantire le condizioni di comfort e benessere interno attraverso l'utilizzo combinato di strategie solari passive e sistemi meccanici attivi alimentati da energia rinnovabile, quest'ultimi assumendo una posizione vantaggiosa in quanto il loro funzionamento non dipende dalle condizioni climatiche locali. Si tende quindi a promuovere la visione individualista, segregativa e seriale riproposta su larga scala di case prefabbricate molto prestazionali.

La sostenibilità in questi progetti è monodimensionale o al massimo bidimensionale. Generalmente i team prediligono l'aspetto ambientale, attraverso l'attenzione alla riduzione delle emissioni di gas serra in ambiente, grazie all'utilizzo di prodotti certificati, utilizzo di software per la gestione dell'energia per minimizzare il fabbisogno energetico, ma prestano una saltuaria attenzione alla tipologia di trasporto del prototipo per ridurre le emissioni e il consumo di energia dovuto a questo fattore, dato che questi progetti percorrono lunghe distanze per raggiungere il sito della competizione. Inoltre l'aspetto gestione, raccolta/riutilizzo dell'acqua e gestione dei rifiuti domestici e fognari (considerati come obiettivi di Sviluppo Sostenibile nell'Agenda 2030 poiché oltre 2 miliardi di persone vivono in paesi che soffrono di un forte stress idrico e circa 4 miliardi di persone soffrono di una grave carenza idrica per almeno un mese all'anno, mentre 2,3 miliardi di persone nel mondo mancavano di questi servizi igienico-sanitari base) sono considerati in tre casi su otto, spesso facendo uso di sistemi prestanti alimentati da energia elettrica, come del caso di purificatori per l'acqua a raggi UV combinati a sistemi naturali di fitodepurazione, dove il processo di depurazione delle acque di scarico avviene in un bacino impermeabilizzato riempito con materiale ghiaioso con sopra piante galleggianti.

Approccio urbano

L'approccio multidimensionali, multi scala e multidisciplinare che viene applicato alle città e proposto nelle edizioni Solar Decathlon Europa e Latino America e Caraibi prendendo in considerazione aspetti come: la densità urbana, i prototipi vincenti sono strutture pluripiano; la diversificazione delle tipologie abitative in risposta alle criticità dell'ambiente e delle esigenze sociali (vengono suggerite proposte di social housing in risposta alla recupero e rifunzionalizzazione di aree occupare abusivamente), l'aspetto economico diventa il fattore predominante nel stabilire l'accessibilità e la fattibilità progettuale anche se dalle analisi risulta che questi prototipi sono accessibili ad una percentuale ristretta della popolazione; la condivisione e della comunità, l'idea dello sharing di mezzi di trasporto e di servizi; l'interazione tra mobilità, alloggio e inquinamento acustico e ambientale; l'attenzione alla bioclimatica e all'efficacia dei sistemi passivi adeguati al clima locale; la diversità delle proposte tecniche e dei materiali costruttivi per salvaguardare la salute degli utenti (prestando attenzione alle emissioni di composti organici volatili e altri gas nocivi nell'ambiente interno); l'attenzione alla gestione e riduzione dei rifiuti urbani; gli aspetti energetici ed efficienza energetica. Si verifica un cambio di paradigma, dal singolo edificio alla complessità delle dinamiche che determinano il funzionamento della città, in un periodo in cui il fattore urbanizzazione caratterizza oltre il 50% dello stile di vita umano a livello globale. Nonostante questi approcci rimane costante la criticità dell'accessibilità economica per quanto riguarda l'acquisto degli alloggi e la fattibilità dei progetti. Infatti nessuno dei prototipi proposti in queste edizioni ha avuto seguito nella dimensione reale.

Accessibilità economica

L'accessibilità economica da parte di tutte le fasce della popolazione, comprese le più vulnerabili e meno abbienti, per acquisto dell'alloggio rimane un fattore molto critico. Nonostante l'attenzione da parte degli istitutori europei nel inserire l'accessibilità economica come uno dei 10 criteri di valutazione. I team partecipanti tendono comunque a progettare prototipi molto prestazionali e high-tech facendo affidamento sull'innovazione tecnologica.

A contribuire a questo tendenza è anche la somma iniziale con cui vengono sponsorizzati i team che varia dai 50 000 $ ai 100 000 $ e 100 000 €. L'accessibilità economica è stato inserito nelle edizioni americane dal 2011 al 2015, considerando 250 000 $ il tetto massimo per il costo di costruzione, ne deriva in questi anni una tendenza delle squadre a superare la soglia delle spese per poter continuare a proporre prototipi innovativi e prestazionali.
I progetti proposti sono orientati ad una fascia della popolazione con reddito medio-alto, alto per cui i prezzi variano da un minimo di 2 385 €/m^2 (per il social housing Canopea House 2012) ad un massimo di 7 729 €/m^2 (per la casa unifamiliare surPLUShome 2009); eccezione fanno i progetti LISI 2013, SURE HOUSE 2015 e Casa Uruguaya 2015 i cui prezzi di acquisto variano dai 1 148 €/m^2, a 1 816 €/m^2 e 540 €/m^2 e quindi possono essere accessibili anche alle fasce medie, medio-basse. Rimangono comunque escluse le fasce povere per le quali ancora non è previsto un approccio progettuale sostenibile per quanto riguarda la produzione di alloggi. Questa situazione non fa che amplificare il divario tra la le fasce vulnerabili e fasce benestanti, le condizioni critiche in cui vivono le popolazioni dei paesi in via di sviluppo che sono maggiormente interessati ai fenomeni aumento demografico, incremento dell'urbanizzazione e rischio catastrofi naturali causate dal cambiamento climatico.

Consumo del suolo

Dalle analisi emerge che la tendenza dei team è quella di utilizzare in totalità la superficie costruibile stabilita dal regolamento della competizione. Infatti si è verificato un aumento crescente del consumo del suolo che varia dai 100 m^2 ai 200 m^2 per abitazioni unifamiliari e dai 75 m^2 ai 150 m^2 per edifici pluripiano rispetto alle prime edizioni dove i prototipi occupavano un'are massima di 75 m^2. Questo è dovuto anche al fatto che gli istitutori hanno aumentato la superficie costruibile nelle ultime edizioni Solar Decathlon continentali.

Materiali

Il Solar Decathlon prevede che i prototipi partecipanti siano montabili e smontabili, per potere essere rimossi e riportati nel paese di provenienza, una volta finita l'esposizione. Di conseguenza le strutture devono essere leggere e facili da assemblare per consentire il trasporto ed il montaggio in tempi brevi. Questi fattori hanno portato ad un appiattimento delle proposte progettuali per quanto riguarda l'uso dei principali materiali costruttivi. Infatti tutti i progetti vincitori, ad eccezione di LongPlan 2018 che utilizza l'acciaio, sono in legno ingegnerizzato che varia dal lamellare al micro lamellare, al SIP. La criticità maggiore è che il legno non è locale ma proviene da corporazioni multinazionali, anche se spesso certificato attraverso le tre tipologie di etichettatura. Inoltre la maggior parte dei materiali utilizzati sono sintetici e quindi influiscono negativamente sulla qualità dell'aria interna oppure hanno un elevato embodied energy (come nel caso dell'alluminio e vetro).

Trasporto

I prototipi vincitori percorrono in generale lunghissime distanze per raggiungere il sito della competizione. In particolare il progetto FutureHAUS 2018 che ha percorso 23 400 km all'andata per raggiungere Dubai. Tutti i progetti fanno uso di autoarticolati o autocarri, spesso più di uno, o di nave da carico per il trasporto del prototipo dal sito della costruzione al sito della competizione e ritorno, ad eccezione di RhOME for denCITY 2014 che fa trasportare il prototipo via treno merci al fine di ridurre le emissioni di gas serra e il consumo dell'energia. Dato che il settore trasporto è responsabile del 28,8% del consumo energetico globale finale e del 24,7% delle emissioni globali di CO2 correlate all'energia, ed il trasporto su strada e navale sono le due tipologie più inquinanti, si può concludere che per il Solar Decathlon questo fattore rappresenta ancora un grosso problema non affrontato.

Solar Decathlon alternativo

Per quanto riguarda invece l'idea di Solar Decathlon, essa può essere considerata come una biblioteca virtuale, accessibile a tutti gli utenti, dato che quasi tutti i Project Manual e Design Manual che contengono i dettagli progettuali e costruttivi, sono accessibili sui siti ufficiali delle rispettive edizioni e possono suggerire svariati proposte e accorgimenti tecnici e tecnologici; un'architettura open source basata sulla collaborazione tra le persone accomunati dagli stessi interessi, come nel caso dell'architettura vernacolare che era realizzata grazie agli sforzi comuni di piccole comunità orientate al benessere generale, così il Solar Decathlon può tendere alla realizzazione di edifici sempre più responsivi, resilienti e adatti alle esigenze reali della popolazione, grazie anche alla possibilità del pubblico di contribuire attraverso le loro scelte e opinioni.
Il Solar Decathlon ha la possibilità di fornire una nuova tipologia di sostenibilità edilizia, la sostenibilità modulabile, ovvero in grado di adattare il tasso di sostenibilità al know how locale, alla diponibilità di risorse e materie prime, alla diversità culturale, alle esigenze sociali ed economiche, alla complessità delle dinamiche di un organismo artificiale come le città.

Bibliografia

Parte I

W.J.R. Curtis, L'architettura moderna dal 1900, Phaidon, Londra, 2006, p.257.
D.A. Barber, A House in the Sun, Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War, Oxford University press, Stati Uniti d'America, 2016.
R.E.Perkin, Building Integrated Solar Energy Systems, CRC Press, Stati Uniti d'America, 2017, p.359.
T. Creighton, Building for Modern Man: a symposium /ed. Thomas H. Creighton, Princeton Univercity Press, Princenton, 1949, Introduction.
Rapporto del System Dynamics Group Massaccusetts Institute of Technology (MIT) per il progetto del Club di Roma sui dilemmi dell'umanità" premessa p.19; Fonte: https://marialuigia.eu/wp-content/uploads/i-limiti-dello-sviluppo_1972_introduzione-di-aurelio-peccei1.pdf
L.Davico, A. Mela, L.Staricco, Città Sostenibili, Una prospettiva sociologica, Carocci editore, Roma, 2010.
P. Van Dresser, Homegrown Sundwellings, The Lighting Tree, Santa Fe, USA, 1979, p 108 e p.128.
C. Christov-Bakargiev (a cura di), V. Bertone (a cura di), Organismi. Dall'Art Nouveau di Émile Gallé alla bioarchitettura, Intervista a M. Cucinella sulla Timeline della sostenibilità, p. 25-26, Skira, Svizzera, 2016.
H. Foster, The Anti-aesthetic: Essays on postmodern culture, New Press, New York, 1998, capitolo Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistence, autore Kenneth Frampton, p. 17-34.
E.Mazria, traduzione e adattamento in lingua italiana a cura di Girolamo Mancuso, Sistemi solari passivi. Soluzioni per una migliore qualità ambientale degli edifici, Franco Muzzi & c. editore, Padova, 1990.
R. M Lebens, Passive Solar Heating Design, Applied Science Publishers LTD, Londra, 1980.

Articolo on-line
S.Guy, G.Farmer, Reinterpreting Sustainable Architecture: The Place of Technology, in Journal of Architectural Education, 54 (3), p. 140-148. Fonte: https://www.researchgate.net/publication/227537172_Reinterpreting_Sustainable_Architecture_The_Place_of_Technology
W. Stahl, k. Voss, a. Goetzberger, The self-sufficient solar house in Freiburg, Solar Energy, Vol. 52, No. 1, pp. 111-125, 1994. Fonte: http://hydrogene.onebus.fr/pdf/main.pdf
V. Corrado, I. Ballarini, S.Paduos, E.Primo, Refurbishment of the residential building stock toward the nearly zero energy target through the application of the building typology, Energy Procedia Volume 101, November 2016, Pages 208-215, p. 208. Fonte: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021631236X

Report di agenzie intergovernative
Report Energy Efficiency 2018, Analysis and outlooks to 2040. Fonte: https://www.iea.org/efficiency2018/

Regolamenti on-line edizioni Solar Decathlon
Rules SDE 2014, Introduction. Fonte: http://www.solardecathlon2014.fr/en/competition
Rules SD Asia 2018. Fonte: http://www.sdchina.org.cn/en/rules/
Rules SD LAC 2015, Solar Decathlon Introduction, p.8. http://solardecathlonlac.com/competencia/reglas/
Rules SD Africa. Fonte: http://solardecathlonafrica.com/wp-content/uploads/2019/02/SDArules.updates5.pdf
Rules SD 2017 fonte: https://www.solardecathlon.gov/2017/assets/pdfs/sd2017-rules_final.pdf

Seminario
Seminario tematico VOC e Rischio, corso di Materiali Sostenibili, ing. S. Pagliolico.

Tesi
F. Barbolini, Teoria e pratica dell'architettura solare. Morfologia, rendimento, strategia progettuale, relatori e correlatori A. Ferrante, A. Boeri, L. Guardigli, 2014.
I. Giovagnorio, La Citè (post) Industrielle. Efficienza energetica urbana, relatore e correlatore G. M. Chiri, A. Sanna, 2010/2011.

Parte II
AD. Scarcity: Architecture in an Age of Depleting Resources, curatori J. Goodbun, J. Till, D. Iossifova, Architectural Design July/August, Willey 2012
Africa delle città, Urban Africa, a cura di Alessandro Guzman e Cecilia Pennacini, Accademia University Press, Torino, 2017.
Fonte: https://en.calameo.com/read/001200131ec90c74055de
Africa delle città, Urban Africa, a cura di Alessandro Guzman e Cecilia Pennacini, Accademia University Press, Torino, 2017; articolo Nouakchott. Sviluppo urbano, politiche pubbliche e risposte cittadine, autori Francesca Nucci e Marta Alonso Cabré, p.116-123; p.117-119.
Fonte: https://en.calameo.com/read/001200131ec90c74055de
P. Tamborrini, Design sostenibile; oggetti, sistemi e comportamenti, Mondatori Electra, Milano, 2012; articolo dell'autore R. Bernard, Cucina a energia solare Solar Cookit, p.186-187.
Y. Friedman, G. Fassino traduttore, Architettura di sopravvivenza. Una filosofia della povertà, Bollati Boringhieri, Torino, 2009, p. 27.
R. Rogers, P. Gumuchdjian, traduttore D'Ayala Valva L. Città per un piccolo pianeta, Erid'A/Kappa, Roma, 2000, p.2/28.
Yuval Noah Harrari, Sapiens, Da animali a dei; Breve storia dell'umanità, Giunti Editore S.p.A./Bompiani, Firenze/Milano, 2019, p.114.
Christian Norberg-Schulz, Genius loci: Genius loci: paesaggio, ambiente, architettura / Christian Norberg- Schulz, Electra, Milano, 1992, prefazione

Report di agenzie intergovernative
United Nations, Department of Economic and Social Affairs, World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. Fonte: https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf
United Nations, World Urbanization Report. The 2014 Revision, 2015, p. 22, p. 23, p.25. Fonte: https://www.un.org/development/desa/publications/publication
United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), This Habitat III PolicyPaper,2016. Fonte: http://www.habitat3.org/
World Bank Group, Investing in Urban Resilience. Protecting and Promoting Development in a Changing World, 2015, p.19. Fonte:
https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25219/109431-WP-P158937-PUBLIC-ABSTRACT-SENT-INVESTINGINURBANRESILIENCEProtectingandPromotingDevelopmentinaChangingWorld.pdf?sequence=1&isAllowed=y
UN-Habitat, Pro-Poor Climate Action in Informal Settlements. Adressing the most vulnerable first, 2018. Fonte: https://new.unhabitat.org/pro-poor-climate-action-in-informal-settlement
United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), The State of African Cities 2014. Re-imagining sustainable urban transitions, 2014, p.47. Fonte: https://new.unhabitat.org/
Ministry of Foreign Affairs, Business Opportunities Report for Morocco's Renewable Energy Sector, Commissioned by the Netherlands Enterprise Agency RVO, 2018, p.40.
Fonte: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/06/Business-opportunities-report-for-moroccos-renewable-energy-sector.pdf
Centre for Affordable Housing Finance in Africa, 2018 Housing Finance Yearbook: Morocco Country Profile. Fonte: http://housingfinanceafrica.org/documents/2018-housing-finance-yearbook-morocco-country-profile/
United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), The State of African Cities 2010. Governance, Inequality and Urban Land Markets, p.18. Fonte: https://new.unhabitat.org/
United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), Slum Almanac 2015/2016. Tracking Improvement in the Lives of Slums Dwellers, p.3.
Fonte: https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2016/02-old/Slum%20Almanac%202015-2016_EN.pdf
United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), The New Urban Agenda, 2016. Fonte: http://habitat3.org/the-new-urban-agenda/
UN Habitat, Habitat III Policy Paper. 10 – Housing Policies, 2016, p.8. Fonte: http://habitat3.org/wp-content/uploads/PU10-HABITAT-III-POLICY-PAPER.pdf
International Energy Agency, Energy Access Outlook 2017. From Poverty to Prosperity, 2017, p.39. Fonte: https://www.iea.org/
Global Alliance for Buildings and Construction, United Nations Environment, International Energy Agency, 2018 Global Status Report. Towards a zero-emission, efficient and resilient

buildings and construction sector, 2018, p. 11. Fonte: https://www.globalabc.org/

Parte III
Project Manual e Design Manual Team CU - University of Colorado at Boulder 2002
Project Manual e Design Manual Team CU - The Colorado team University of Colorado, Denver and Boulder 2005
Project Manual e Design Manual Team Technische Universität Darmstadt 2007
Project Manual e Design Manual Team Technische Universität Darmstadt 2009
Project Manual e Design Manual Team Maryland University of Maryland 2011
Project Manual e Design Manual Team Vienna - University of Technology 2013
Project Manual e Design Manual Team Stevens Institute of Technology 2015
Project Manual e Design Manual Team Swiss Living Challenge: École Polytechnique Fédérale de Lausanne, School of Engineering and Architecture Fribourg, Geneva University of Art and Design and the University of Fribourg 2017
Project Manual e Design Manual Team Virginia Tech - Virginia Polytechnic Institute & State University 2010
Project Manual e Design Manual Team Rhône Alpes - École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (France) 2012
Project Manual e Design Manual Team Italiano-Università Degli Studi di Roma TRE (Italy) 2014
Project Manual e Design Manual Team UOW-University of Wollongong (Australia) 2013
Project Manual e Design Manual Team SCUT-POLITO-South China University of Technology and Polytechnic University of Turin (China-Italy) 2018
Project Manual e Design Manual Team Uruguay -Universidad ORT Uruguay (Uruguay) 2015
Project Manual e Design Manual Team Virginia Tech - College of Architecture and Urban Studies, College of Engineering, Myers-Lawson School of Construction, Pamplin College of Business, College of Liberal Arts and Human Sciences, College of Science 2018

Libri
Daniel H. Burnham, Architect, Planner of Cities, Volume Two, Houghton Mifflin Company, Boston and New York, 1921, p.147
M. Droste, Bauhaus. 1919-1933 Riforma e avanguardia, Taschen, Slovacchia, 2015, p.40.

Articoli on-line
IRENA (International Renewable Energy Agency), Solar Photovoltaics. Renewable energy technologies: cost analysis series. Volume 1, Power Sector Issue 4/5, 2012. Fonte: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/re_technologies_cost_analysis-solar_pv.pdf
L.A.C.Re. Local Aliance for Climate Responsibility, PARTNERSHIP LOCALE PER LA PROTEZIONE DEL CLIMA. Introduzione ai marchi ed etichette ambientali e climatiche. Questo documento è stato realizzato nell'ambito del progetto LIFE07ENV/IT/000357 -LACRe. Fonte: www.lacre.eu
SunShot US Department, Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections, 2012, p.3. Fonte: https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56776.pdf
SunShot US Department, Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections, 2014 Edition, p.32. Fonte: https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/62558.pdf
T. Diaz Ladera, Personal Fabrication: Fab Labs as Platforms for Citizen-Based Innovation, from Microcontrollers to Cities, in Nexus Network Journal 14 (3), October 2012.
Fonte:https://www.researchgate.net/publication/257314850_Personal_Fabrication_Fab_Labs_as_Platforms_for_Citizen-Based_Innovation_from_Microcontrollers_to_Cities
Ø. Kleven, H. Persson, C. Good, W. Sulkowski and T. Boström, Solar cells above the arctic circle – a comparison between a two-axis tracking system and simulations, Conference paper 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference (EUPVSEC), at Hamburg, September 2009.
Fonte:https://www.researchgate.net/publication/267382605_SOLAR_CELLS_ABOVE_THE_ARCTIC_CIRCLE_-_A_COMPARISON_BETWEEN_A_TWO-AXIS_TRACKING_SYSTEM_AND_SIMULATIONS
P. Cooper, T. McCarthy, Zhenjun Ma1, M. Jones, The Team UOW Solar Decathlon House: Building Community and Industry Capability and Motivation for Net-Zero Energy Solar Homes, in 2014 Asia-Pacific Solar Research Conference. Fonte: http://apvi.org.au/solar-research-conference/wp-content/uploads/2015/04/2-Cooper_peer_reviewed.pdf
W. Johnston (SunWiz), R. Egan (UNSW) the Australian PV Institute, National Survey Report of PV Power Applications in AUSTRALIA 2016. Photovoltaic Power System Programme, 2016 p.2-41. Fonte:http://www.ieapvps.org/index.php?id=93&tx_damfrontend_pi1=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatEquals%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus_Rec%5D=40&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus_Rec%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BtreeID%5D=201&tx_damfrontend_pi1%5Bid%5D=93
T. J McCarthy, B. J Banfield, Y.Baghi, L. Faidutti, C. McDowell, Advocating for Net-Zero Energy Sustainable Houses through the International Solar Decathlon Competition, Proceedings of the 3rdWorld Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'18). Fonte: https://avestia.com/CSEE2018_Proceedings/files/paper/Keynote%20-%20Dr.%20McCarthy.pdf
Lv Fang, Xu Honghua, Wang Sicheng, National Survey Report of PV Power Applications in China 2016, p. 6-30. Fonte: http://www.ieapvps.org/index.php?id=93&tx_damfrontend_pi1=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatEquals%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus_Rec%5D=266&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus_Rec%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BtreeID%5D=201&tx_damfrontend_pi1%5Bid%5D=93

Tesi
C. Lisciandrello, Calibrated Simulation of a NZEB. The Solar Decathlon China-2018 SCUT-PoliTo Prototype House, Relatori: E. Fabrizio, M. Berta, Y. Zhang, M. Ferrata, 2018, p. 27.
Fonte: https://webthesis.biblio.polito.it/8446/1/tesi.pdf

Sitografia

Parte I
https://www.usa.gov/federal-agencies/u-s-department-of-energy
www.newbasicdesign.com
www.thenewbauhaus.com
https://marialuigia.eu/wp-content/uploads/i-limiti-dello-sviluppo_1972_introduzione-di-aurelio-peccei1.pdf
https://www.fastonline.org/CD3WD_40/JF/431/23-537.pdf
https://passipedia.org/basics/the_passive_house_historical_review/poineer_award/saskatchewan_conservation_house
http://www.ing.unitn.it/~ciolli/PagineMarco/svilupposostenibile.pdf
https://www.unric.org/it/agenda-2030
https://www.floornature.it/solar-city-linz-austria-4539/
http://www.ing.unitn.it/~ciolli/PagineMarco/svilupposostenibile.pdf
https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S187661021631236X?token=27E123A-C05429E29BB6BC980C14C2188648A381AB0633647E9571742B0F48B1F335CC-34763D1884A707172DB865211C9
http://task40.iea-shc.org/
V.Corrado, Edifici ad energia quasi zero, presentazione 1°Giornata Nazionale dell'energia, Roma, 2015. Fonte: https://www.tuttoingegnere.it/images/04_Corrado.pdf
http://www.efficienzaenergetica.enea.it/news-eventi/direttiva-ue-2018-844-pubblicata-in-gazzetta-ufficiale-dell2019unione-europea-revisione-degli-obblighi-per-edifici-pubblici-e-privati-1
Solar Decathlon 2002: The Event in Review. Fonte: https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33151.pdf
https://www.solardecathlon.gov/about.html
http://web.taed.unifi.it/fisica_tecnica/Cellai/uso_del_diagramma_psicrometrico.pdf

Parte II
https://interhouse.club/
http://solardecathlonafrica.com/wp-content/uploads/2017/12/RFP-sda-1.pdf
http://solardecathlonafrica.com/participatingteams/
http://urbanresiliencehub.org/globalreport/
https://sadbenkirane.com/projet/ville-verte-mohamed-vi-benguerir/
Ted-Ed di F.Rosei, R.Rosei, Can 100% renewable energy power the world? Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=RnvCbquYeIM
https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_it
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32018L2002
https://www.focus.it/scienza/energia/accesa-in-marocco-la-centrale-solare-piu-grande-del-mondo
https://www.footprintnetwork.org/2019/07/23/press-release-july-2019/
https://www.navigantresearch.com/news-and-views/the-global-building-stock-is-expected-to-exceed-183-billion-square-meters-in-2026

https://www.trafikstyrelsen.dk/~/media/Dokumenter/09%20Byggeri/Baredygtigt%20byggeri/TBST-2016-02-Introduction_LCA_english.pdf
https://www.lifecycleinitiative.org/lca-award-news-from-africa-latin-america-and-asia/
https://unhabitat.org/only-13-of-worlds-cities-have-affordable-housing-according-to-new-research/
https://new.unhabitat.org/topic/housing
https://www.pewresearch.org/global/interactives/global-population-by-income/
https://ec.europa.eu/assets/jrc/events/20131129-eeb-roundtable/20131129-eeb-roundtable-rollet-mesureur.pdf
https://www.iea.org/tcep/buildings/buildingenvelopes/
The United Nations World Water Development Report 2015 (https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1711Water%20for%20a%20Sustainable%20World.pdf
https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/
https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/

Parte III
http://solar.colorado.edu/2002/
https://www.solardecathlon.gov/past/2002/team_colorado.html
http://solar.colorado.edu/2005/design/index.shtml
https://www.solardecathlon.gov/past/2005/team_colorado.html
https://www.solardecathlon.tu-darmstadt.de/solar_decathlon_2007/solarhaus_intro.de.jsp
https://www.solardecathlon.gov/past/2007/technical_resources.html
https://www.solardecathlon.tu-darmstadt.de/solar_decathlon_2009/home.en.jsp
https://www.solardecathlon.gov/past/2009/team_germany.html
http://2011.solarteam.org/
https://www.solardecathlon.gov/past/2011/index.html
https://www.solardecathlon.at/
https://www.solardecathlon.gov/past/2013/team_austria.html
https://surehouse.org/
https://www.solardecathlon.gov/2015/
http://www.swiss-living-challenge.ch/en/
https://www.solardecathlon.gov/2017/competition-team-switzerland.html
https://www.smartlivinglab.ch/en/infrastructures/neighborhub/
https://building-competition.org/EU2010/VGT
https://lumenhaus.com/about/index.html
https://www.solardecathlon.gov/international-europe.html
http://www.sdeurope.org/wp-content/uploads/downloads/2011/10/SOLAR-DECATHLON-EUROPE-2010.pdf
http://www.sdeurope.org/downloads/sde2012/?lang=en
https://www.solardecathlon.gov/international-europe.html
https://www.ee.architektur.tudarmstadt.de/media/architektur/fachgruppe_c/ee/10action/SOLAR_DECATHLON_EUROPE_2012.pdf
https://building-competition.org/EU2012/TRA
http://www.solardecathlon2014.fr/en/documentation
https://www.solardecathlon.gov/international-europe.html
https://building-competition.org/EU2014/ROM
https://www.illawarraflame.com.au/house.php
https://www.solardecathlon.gov/international-china.html https://pdfs.semanticscholar.org/f40e/27b672af08eb0ad7b1af09c710eab306262b.pdf
https://www.progenia.com.au/portfolio/illawarra-flame/
https://www.mnn.com/your-home/remodeling-design/blogs/solar-decathlon-china-meet-the-teams
https://mp.weixin.qq.com/s/jvzl4adQtmupct2RxDRKVQ
https://www.cameraitacina.com/en/news/solar-decathlon-china-2018
http://www.sdchina2017-scutpolito.com/#/
https://www.facebook.com/pg/sdchina2018/posts/
https://the-dots.com/projects/long-plan-solar-decathlon-china-2018-191421
https://www.prnewswire.com/news-releases/green-growth-green-life----solar-decathlon-china-2018-held-in-dezhou-300704529.html
https://fa.ort.edu.uy/la-casa-uruguaya
http://lacasauruguaya.com.uy/es/
https://www.solardecathlon.gov/international-latin-america.html
https://building-competition.org/LA2015
http://solardecathlonlac.com/solar-decathlon-cali-2015/
https://www.mdpi.com/2071-1050/11/13/3498/htm
https://issuu.com/lacasauruguaya
https://fa.ort.edu.uy/41043/27/conferencia-sobre-energia-solar-fotovoltaica-en-la-casa-uruguaya.html (minuto 12)
https://sdme-contest.com/
https://www.futurehaus.tech/
https://building-competition.org/ME2018
https://fxtop.com/it/tassi-cambio-storici.php
https://www.colorado.edu/today/2001/12/06/cu-boulder-solar-decathlon-team-unveil-solar-home-design
FRED, Economic Research Federal Reserve Bank of St. Louis, Median Sales Price of Houses Sold for the United States, 2002. Fonte: https://fred.stlouisfed.org/series/MSPUS
https://www.researchgate.net/publication/242298133_Bio-SIPs_a_deeper_shade_of_Green
FRED, Economic Research Federal Reserve Bank of St. Louis, Median Sales Price of Houses Sold for the United States, 2005. Fonte: https://fred.stlouisfed.org/series/MSPUS
https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35297.pdf
https://www.dgnb.de/en/
http://newsarchive.appstate.edu/2011/10/31/gov-bev-perdue-honors/
https://viterbischool.usc.edu/wp-content/uploads/2016/12/StatusPV2008.pdf
https://twitter.com/mattyhick/status/656999751179718656
Berkeley LAB, Tracking the Sun, 2019. Fonte: https://emp.lbl.gov/tracking-the-sun
https://vtnews.vt.edu/articles/2012/01/011312-caus-lumenhausaia.html
https://archive.org/stream/danielhburnhamar02moor#page/n7/mode/2up)
https://resourceefficientcities.org/wp-content/uploads/2017/09/Urban-Metabolism-for-Resource-Efficient-Cities.pdf
https://www.youtube.com/watch?v=XyCY6mjWOPc
https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-factsheets-topics-tree/embodied-energy
https://www.tafeillawarra.edu.au/images/stories/SolarDecathlonComp/uow%202013%20solar%20decathlon%20concept%20design%2013%202%202012.pdf
https://www.corelogic.com.au/mapping-market
https://avestia.com/CSEE2018_Proceedings/files/paper/Keynote%20-%20Dr.%20McCarthy.pdf
https://ecos.la/8/ciencia_tecnologia/2018/12/16/29373/la-primera-casa-uruguaya-sustentable-fue-premiada-y-recorre-el-planeta/
http://marcapaisuruguay.gub.uy/la-casa-uruguaya-ya-se-puede-visitar-en-el-espacio-ciencia-del-latu/
https://caliescribe.com/es/tecnologia/2015/11/28/9173-solar-decathlon-2015-conozca-equipos
http://www.ort.edu.uy/fa/articulos/la-casa-uruguaya-proyecto-educativo.pdf
http://www.doblealturadeco.com/la-casa-uruguaya/
https://www.infinityinner.com/en/news-trends/sustainability/the-first-latin-american-and-caribbean-solar-has-a-winner
https://globalsolaratlas.info/?c=3.432546,-76.396101,11&s=3.428433,-76.514505&e=1
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf3iAUOgKQhFE9vjLdkQF6wdfXiIMXF63mtCuo7p3Dqq1p2A/viewanalytics