

Sommario

L'architettura vindex (AVX) nasce come soluzione reale ad un problema reale in un contesto reale, ossia la possibilità di realizzare opere architettoniche di qualità, ecologiche, sostenibili e a basso costo che si integrino perfettamente con l'ambiente naturale.

Uno degli aspetti più importanti dell'architettura vindex è quello dell'autoproduzione dei materiali da costruzione e dell'autocostruzione delle opere. Cioè basterebbero poche persone per produrre facilmente il gesso da costruzione ed i mattoni vindex necessari per poi costruire da sole tutte le opere architettoniche che desiderano. In questo caso il risparmio in termini economici ed ambientali è notevole grazie soprattutto alla tecnica costruttiva vindex.

L'architettura vindex si basa su principi scientifici, tecnologici, tecnici ed invarianti storiche nonché su valori inalienabili come la sostenibilità ambientale, l'ecologia e la convenienza economica. L'AVX è un'ottima soluzione per risolvere il problema delle abitazioni dignitose a basso costo per persone con basso reddito, in modo particolare nei paesi in via di sviluppo e nelle zone semi desertiche.

L'AVX risolve anche in modo sistematico l'utilizzo delle forme catenarie in architettura che sono forme naturali e, di conseguenza, la realizzazione di cupole catenarie, di qualsiasi dimensioni, autoportanti durante la costruzione. Tutto questo è reso possibile grazie alla tecnica costruttiva vindex ed all'uso del software *catenary* scritto ad hoc.

Questo *technical report* è una guida pratica che illustra i principi teorici matematici, gli algoritmi di calcolo, compresi quelli strutturali, e la tecnica costruttiva vindex con un esempio reale.

PREFAZIONE

L'AVX fa parte di un progetto più ampio chiamato **TAVX** (Tecnologia & Architettura Vindex) che è il risultato di una lunga ricerca condotta da Jilani KHALDI in Tunisia ed in Italia.

Il progetto è nato spontaneamente nel mese di ottobre 2006 a Degache (oasi della regione El Jérid situata nel Sud Ovest della Tunisia) ed aveva come obiettivo iniziale di rimediare alla terribile situazione che si è creata dopo le insolite piogge torrenziali del 1991/1992 e la conseguente distruzione quasi totale del centro storico di Degache costruito in adobe¹⁾.

La millenaria esperienza di un'architettura, ecologica, sostenibile, economica e naturalmente climatizzata, basata prevalentemente sull'utilizzo dell'adobe, la pietra di gesso e l'intonaco a base di calce e gesso, è stata bruscamente interrotta per lasciare il posto ad una "nuova architettura" basata sul cemento armato e mattoni forati scimmiettando lo stile occidentale. Con il tempo, questa scelta si è rivelata molto costosa, insostenibile ed insensata.

In effetti, la bassissima inerzia termica dei materiali e la totale assenza di adeguati accorgimenti di isolamento termico hanno reso le nuove abitazioni praticamente inabitabili soprattutto durante

¹⁾ mattoni di terra cruda essiccati al Sole.

l'estate quando la temperatura può sfiorare i 50 °C all'ombra per diversi giorni.

Per rendere solo alcune stanze delle abitazioni al limite della vivibilità è reso necessario l'utilizzo di potenti condizionatori d'aria con dei costi insostenibili per la maggior parte degli abitanti. Questo fenomeno è molto evidente a Degache dove i danni al centro storico sono stati assai devastanti e tutte le nuove costruzioni sono state realizzate in cemento armato.

Tutti, ormai, sono convinti che l'architettura tradizionale era la scelta logica, naturale, economica, ecologia, sostenibile e durabile, ma nessuna, finora, ebbe il coraggio o ha saputo riproporla in modo adatto alle nuove esigenze e renderla accettabile dalla massa.

La mancanza di ricerca in quella direzione, la perdita del saper costruire e, soprattutto, dell'autocostruire, come avveniva in passato, hanno ormai posto fine alla millenaria cultura architettonica di El Jérid.

Il progetto **TAVX** è nato come progetto di ricerca personale finalizzato a recuperare la tradizionale tecnica costruttiva locale in adobe e pietra di gesso nonché alcuni elementi della sobria ed elegante architettura coloniale. Quest'ultima era basata sull'utilizzo della pietra locale ed il mattone cotto ma anche sull'adobe.

Tutte le opere di architettura coloniale erano intonacate con una malta molto particolare fatta di sabbia, gesso e calce che avevo battezzato malta **Vindex** dalla quale è nato l'omonimo progetto.

Malgrado la strettezza dei mezzi e la mancanza di collaborazione, il progetto è evoluto pian-piano ed oggi propone delle valide ed obiettive soluzioni di un'architettura ecologica, sostenibile, economica e durabile non limitate solo al contesto dove sono nate.

Il progetto **TAVX** propone un modello di sviluppo basato sull'utilizzo delle risorse locali per la produzione di materiali da costruzione e sull'autocostruzione basandosi sul principio della localizzazione e dell'autosufficienza in contrapposizione alla globalizzazione e la dipendenza.

Ecco i risultati raggiunti finora dal progetto **TAVX**:

- ▶ La creazione di un nuovo mattone senza cottura ma stabilizzato e pressato, cioè il **mattone vindex**.
- ▶ La messa appunto di una nuova tecnica costruttiva di strutture autoportanti durante la costruzione, semplice ed efficace, basata sull'utilizzo del mattone vindex.
- ▶ Una nuova concezione architettonica basata su spazi prevalentemente curvi coperti con cupole e volte a botte catenarie.
- ▶ La costruzione di un'unità semi-automatica molto economica ed efficiente per la produzione di mattoni vindex di alta qualità ed a basso costo.

Grazie al progetto **TAVX**, la soluzione del problema delle abitazioni dignitose a basso costo nelle zone semi-desertiche è praticamente diventata alla portata di molte persone.

Questo *technical report*

Questo *technical report* è prevalentemente dedicato all'architettura vindex, ma comunque sono stati inseriti dei capitoli relativi ai materiali da costruzione vindex per completare l'opera visto lo stretto legame tra l'architettura vindex ed i materiali da costruzione vindex.

Per una totale comprensione dell'architettura vindex è necessario dotarsi delle conoscenze di base di analisi matematica e dei concetti basilari di programmazione in qualsiasi linguaggio. Per le finalità pratiche, invece, queste conoscenze non sono indispensabili.

Questa Prima Edizione

Questa prima edizione del *technical report* è una introduzione per far conoscere al grande pubblico l'architettura vindex. Sicuramente terrò conto dei suggerimenti ed i commenti dei lettori per scrivere la seconda edizione che sarà sicuramente più completa della presente e con maggiori approfondimenti. Comunque ho cercato di mantenere lo spirito del *technical report*, cioè di

far prevalere l'aspetto pratico e di limitare quello teorico a l'essenziale.

Ringraziamenti

I miei ringraziamenti vanno in primo luogo a Patrizia Genova per il suo sostegno a portare questo lavoro a termine. In secondo luogo ringrazio gli autori dell'eccellente sistema di pubblicazione **L^AT_EX**, dei pacchetti grafici **GLE** ed **Asymptote** che con il loro ottimo software, tra l'altro libero e gratuito, hanno reso il mio lavoro semplice, professionale ed a volte anche divertente.

Dediche

Dedico questa pubblicazione a tutte quelle persone che sognano una casa propria dignitosa ma che non hanno ancora la possibilità di averla.

Buona lettura!

San Salvo - Gennaio 2016
Jilani KHALDI

Contatti:

Arch. Jilani KHALDI
Via Giovanni Paolo I, 9A
66050 San Salvo (CH) - ITALIA
Tel: (+39) 0873 802707
E. Mail: jilani@vindex.me
Web: <http://www.vindex.me>

INTRODUZIONE

“La semplicità è l'estrema perfezione.” (Leonardo da Vinci)

Una architettura semplice

Il carattere dominante dell'Architettura Vindex è la semplicità da tutti i punti di vista. È semplice concettualmente, è semplice da progettare ed altrettanto semplice da realizzare.

Una architettura economica

Un'opera di Architettura Vindex è molto più economica di una sua equivalente realizzata, per esempio, in cemento armato. Il fatto che l'intera opera è realizzabile in mattoni, e con tecnica costruttiva semplice e standardizzata, abbassa notevolmente il costo dei materiali, della manodopera, delle impalcature e di diverse altre voci. L'architettura vindex è un'ottima soluzione per tutte quelle persone che desiderano una casa dignitosa a basso costo.

Una architettura sostenibile

La sostenibilità è un concetto moderno che, in linea di massima, riguarda due aspetti. Il primo è quello ambientale e riguarda l'utilizzo delle risorse naturali senza esaurirle e senza danneggiare l'ambiente con il loro utilizzo. Il secondo invece è di natura puramente economica. Cioè i prezzi dei beni derivati dalla trasformazione di queste risorse naturali nonché il costo della manodopera dovrebbero essere ragionevoli, soprattutto quando si

tratta di beni di prima necessità come la casa.

Vantaggi dell'Architettura Vindex

I vantaggi che offre l'Architettura Vindex, oltre alla semplicità costruttiva e l'economia che sono state già citate, sono vari e facilmente riconoscibili:

- ▶ Architettura-struttura: non c'è distinzione tra la struttura e l'architettura. Con il tempo l'intera opera diventa monolitica visto che i mattoni e la malta sono fatti dagli stessi materiali.
- ▶ Assenza totale di ponti termici come effetto dell'architettura-struttura.
- ▶ Un'opera di architettura vindex è sismicamente resistente grazie alla sua forma ed alla consistenza della struttura-architettura.
- ▶ È possibile realizzare un'intera opera in autocostruzione grazie alla semplicità ed alla ripetitività delle operazioni.
- ▶ Grazie al principio dello strutturalismo che è alla base della progettazione dell'architettura vindex, è possibile realizzare opere architettoniche vindex molto grandi e complessi con l'aggregazione di varie opere mantenendo l'unità e l'armonia tra tutte le parti.
- ▶ È possibile produrre da soli i mattoni vindex nella quantità desiderata abbassando notevolmente il costo di costruzione.

In poche parole, grazie all'utilizzo dei mattoni e della tecnica costruttiva vindex, realizzare la propria casa è alla portata di molte persone che non vogliono, o non possono, indebitarsi per molti lunghi anni con le banche.

Architettura e Biofilia

La Biofilia²⁾ è l'innata tendenza degli esseri umani ad accettare spontaneamente le forme naturali della vita. Questo significa che abbiamo la naturale predisposizione di privilegiare le forme curve, cilindriche e sferiche rispetto a quelle squadrate. In effetti le forme

²⁾ Biophilia Hypothesis, è un'ipotesi scientifica proposta nel 1984 da Edward O. Wilson.

perfettamente squadrate come il parallelepipedo sono una pura invenzione umana per ragioni pratiche e che la loro accettazione è dovuta solo all'abitudine.

Abitare in una casa con un tetto a forma di volta è molto più naturale ed accettabile dall'animo umano di abitare in una casa a tetto piatto. La ragione è che il tetto a forma di volta ci fa pensare alla volta celeste che con la sua forma rotonda è molto più radicata in noi della forma piatta sopra le nostre teste. Perciò, l'architettura vindex ci appare molto naturale e si inserisce perfettamente nell'ambiente grazie alle sue forme di cupole catenarie.

Comunque si possono anche costruire forme tradizionali, oppure miste, per rispondere a particolari esigenze.

PROSSIMO CAPITOLO

Catenaria



INDICE

Prefazione	1
Introduzione	5
I Matematica Applicata	13
1 Catenaria	14
1.1 Curva Catenaria	15
1.2 Scoperta della Catenaria	15
1.3 Uso delle Catenarie in Architettura	16
1.4 Caratteristiche di una Catenaria	16
1.5 Equazione di una Catenaria	17
1.6 Derivata	20
1.7 Retta Tangente	20
1.8 Retta Perpendicolare	21
2 Catenaria Vindex	22
2.1 Equazione Matematica	22
2.2 Rappresentazione Grafica	23
2.3 Derivata	25
2.4 Retta tangente	25
2.5 Retta perpendicolare	25
2.6 Primitiva	26

2.7	Calcolo Altezza Media	26
2.8	Cupola Vindex	26
3	Algoritmi di Calcolo	29
3.1	Determinazione del Parametro a	29
3.1.1	Metodo di Bisezione	30
3.2	Altri Metodi di calcolo	32
3.3	Calcolo Altezza Media	32
3.4	Superficie Sezione	34
3.5	Calcolo Volume	36
II	Architettura Vindex	45
4	Introduzione all'AVX	46
4.1	Strumenti Informatici	46
4.2	Fasi Progettuali	47
4.2.1	Cupola Interna	47
4.2.2	Cupola Esterna	48
4.2.3	Aperture	48
4.2.4	Divisioni Interne	48
4.2.5	Riempimento	48
4.2.6	Impianto Elettrico	48
4.2.7	Riscaldamento	49
4.2.8	Rinfrescamento	49
4.2.9	Impianto Idrico e Sanitario	49
4.3	Conclusione	49
5	Cupola Vindex	50
5.1	Dimensioni	51
6	Volta Vindex	53
6.1	Forma	53
6.2	Dimensioni	54
6.3	Arco Vindex	54
III	Calcolo Strutturale	56
7	Calcolo Cupole Vindex	57
7.1	Procedimento di Calcolo	57

7.2	Esempio di Calcolo (1)	58
7.2.1	Calcolo Peso Cupola	61
7.2.2	Calcolo Superficie di Appoggio	61
7.2.3	Calcolo Tensione di Esercizio	61
7.3	Esempio di Calcolo (2)	62
7.3.1	Calcolo Peso Cupola	64
7.3.2	Calcolo Superficie di Appoggio	65
7.3.3	Calcolo Tensione di Esercizio	65
8	Calcolo Volte Vindex	66
8.1	Procedimento di Calcolo	66
8.2	Esempio di Calcolo (1)	67
8.2.1	Calcolo Peso Volta	69
8.2.2	Calcolo Superficie di Appoggio	69
8.2.3	Calcolo Tensione di Esercizio	69
8.3	Esempio di Calcolo (2)	70
8.3.1	Calcolo Peso Volta	71
8.3.2	Calcolo Superficie di Appoggio	71
8.3.3	Calcolo Tensione di Esercizio	71
9	Fondazioni	73
9.1	Capacità Portante	73
9.2	Tipo di Fondazione	74
9.3	Dimensionamento	75
9.4	Esempio Pratico	76
9.4.1	Dati di Progetto	77
9.4.2	Armatura Fondazioni	78
9.4.3	Resistenza a Taglio	78
9.4.4	Verifica a Taglio	79
9.4.5	Conclusione	80
IV	Tecnica Costruttiva	81
10	Introduzione Tecnica Costruttiva	82
10.1	Strutture Autoportanti	82
10.2	Strumenti e Attrezzature	83
10.2.1	Strumenti	83
10.2.2	Attrezzature	83
10.3	Tempi Ridotti	84
10.3.1	Utilizzo dei mattoni	84

10.3.2 Utilizzo del Compasso	84
10.4 Cupole di Grandi Dimensioni	85
11 Tecnica Costruttiva	86
11.1 Costruzione Fondazioni	87
11.1.1 Tracciamento	88
11.1.2 Sottofondazione	89
11.1.3 Armature	90
11.2 Pilastrì	91
11.3 Costruzione della Cupola	93
11.4 Messa in Opera dei Mattoni	102
12 Software Catenary	118
12.1 Installazione	118
12.2 Esempio Pratico	119
12.2.1 Prima Catenaria	120
12.2.2 Seconda Catenaria	120
12.2.3 Terza Catenaria	121
12.2.4 Quarta Catenaria	121
12.3 Get Angle	125
12.4 Get All Points	126
12.5 Diameter	127
12.6 xls Table	127
12.7 Salva File	128
12.8 DesignCAD	129
12.9 Conclusione	130
V Materiali da Costruzione	131
13 Adobe Vindex	132
13.1 Adobe Normale	133
13.1.1 Dimensioni	134
13.2 Autoproduzione	134
13.2.1 Materia Prima	135
13.2.2 Composizione della Terra	136
13.2.3 Preparazione Impasto	137
13.2.4 Dosaggio	138
13.2.5 Stampi	140
13.2.6 Formatura	141
13.3 Adobe Pressati	142

13.3.1 Autocostruzione	144
13.4 Problema dell'Acqua	144
14 MATTONI VINDEX	147
14.1 Tipi di Mattoni	147
14.1.1 Mattone Vindex	148
14.1.2 Mattone Thermovindex	149
14.1.3 Mattone Supervindex	149
14.2 Autoproduzione	150
15 GESSO VINDEX	153
15.1 Formule Chimiche	155
15.2 Autoproduzione	156
15.2.1 Forno Tradizionale	157
15.2.2 Forno Vindex	159
16 Autocostruzione	161
16.1 Definizione	161
16.2 Motivazioni	161
16.3 Diffusione	162
16.4 Autocostruzione Assistita	163
16.5 Autocostruzione Vindex	164
16.6 Attrezzature	164
16.7 Professionalità	165
17 CONCLUSIONE	167

Parte I

Matematica Applicata

CATENARIA

“La natura parla la lingua della matematica.” (Galileo Galilei)

Per capire l'architettura vindex (AVX) è necessario e propedeutico capire la curva catenaria perché l'AVX è l'espressione architettonica di questa curva. Cioè l'AVX è un'aggregazione di spazi coperti con volte o cupole che hanno il profilo di curve catenarie.

Per capire al meglio questo capitolo, ma anche quelli successivi, almeno per quanto riguarda la trattazione matematica, è richiesta al lettore la necessaria conoscenza di alcuni argomenti di analisi matematiche, come le funzioni reali di una variabile reale, il calcolo delle derivate e delle primitive.

Anche la conoscenza di altri argomenti di geometria analitica e la risoluzione di una semplice equazione differenziale di primo ordine sono necessarie per la comprensione di questa parte teorica.

Ovviamente la conoscenza di alcuni algoritmi di calcolo numerico e di qualsiasi linguaggio di programmazione rendono ancora tutto più semplice da capire e magari anche da perfezionare ed estendere.

Il lettore, nel caso in cui non ha le sufficienti conoscenze a capire gli argomenti di questo capitolo, è pregato di interrompere la lettura e di dotarsi prima delle necessarie conoscenze, altrimenti tutto

l'argomento risulterà di difficile comprensione.

NOTA BENE

In questa trattazione è stato utilizzato il linguaggio di programmazione Lua.

1.1 Curva Catenaria

La curva catenaria è una forma piana, assomiglia apparentemente ad una parabola, ma con un andamento caratteristico simile ad una fune omogenea, flessibile ma non estensibile, con gli estremi vincolati e lasciata pendere rimanendo soggetta solo al proprio peso.

L'equazione matematica della catenaria è la seguente:

$$y = a \cdot \cosh \frac{x}{a} \quad (1)$$

ossia:

$$y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) \quad (2)$$

dove x è la variabile reale indipendente ed a un parametro che definisce la forma della catenaria. In tutto il resto della trattazione utilizzeremo l'equazione della catenaria espressa dalla [2] perché risulta più pratica.

1.2 Scoperta della Catenaria

Fu Galileo Galilei, nel 1638, il primo ad occuparsi della catenaria pensando erroneamente che si trattasse di una parabola¹⁾.

Nel 1669 Joachim Jungius dimostrò che la curva in questione non era una parabola. Bisognava aspettare fino al 1691 quando Huygens, Leibniz ed i fratelli Bernoulli, dimostrarono che non si

¹⁾ La parabola ha per equazione $y = ax^2 + bx + c$