



VERSO L'INFINITO. E OLTRE

350 bar di pressione per pompare a più di 600 metri di altezza il cls, formulato e additivato per contrastare temperature straordinarie. Ascensori top down ed altri accorgimenti progettuali per il grattacielo più alto del mondo. Tra il Burj Dubai e il grande sogno di Wright la distanza si accorcia



Dario Trabucco

A 624 metri sopra il livello del deserto si è fermato il getto della struttura portante in cemento armato. L'ultima sezione, di almeno 150 metri, sarà realizzata in acciaio. Il cambiamento di materiale è stato reso necessario sia dal tentativo di contenere il peso dell'edificio, sia dalle difficoltà tecniche del getto. L'ultimo solaio rappresenta il record di altezza per il pompaggio del calcestruzzo, precedentemente detenuto dalla centrale idroelettrica di Riva del Garda, in Italia. Per verificare la miscela, è stato montato un tubo orizzontale lungo oltre 700 metri attraverso il quale sono stati eseguiti dei test per verificare la fluidità del getto e il mantenimento della corretta miscelazione degli aggregati all'interno della gettata (Foto: D.T.).

Nonostante gli oppositori che, specie nelle città europee, additano il grattacielo come una tipologia edilizia da evitare, sono molte le ragioni che spingono a credere che edifici sempre più alti sorgano in tutte le aree metropolitane del mondo, soprattutto nei paesi con un'economia in forte crescita. Infatti la frenesia di costruire in altezza, che sembra essersi risvegliata negli ultimi anni una volta superati i timori innescati dal crollo delle Twin Towers di New York (Kunstler J. H., Salinger N. A., "The End of Tall Buildings" www.planetizen.com, Pubblicato il 17 Settembre 2001), è probabilmente motivata dalla visibilità mediatica garantita al detentore del titolo di "il grattacielo più alto del mondo".

Gli ostacoli alla crescita in altezza

Lo sviluppo verticale porta con sé delle ricadute negative in termini di efficienza di uso dello spazio e di maggior costi strutturali ma, (vedi box nella pagina) nel caso del Woolworth Building, la scelta della costruzione in altezza travalica spesso

UTOPIE?: THE MILE-HIGH ILLINOIS

"THE ILLINOIS" (IL GRATTACIELO ALTO UN MIGLIO, ILLINOIS, USA, 1956) È UN PROGETTO DI WRIGHT STUDIATO NEI MINIMI DETTAGLI, UNA "CITTÀ CIELO" DI 528 PIANI: 130.000 ABITANTI, 76 ASCENSORI AD ENERGIA ATOMICA, 15.000 POSTEGGI, TERRAZZE PER 150 ELICOTTERI, MEMBRATURE IN ALLUMINIO E ACCIAIO INOSSIDABILE. FONDAZIONE ANTISISMICA A RADICE RASTREMATA (B. ZEVI).

le mere valutazioni economiche. Secondo alcuni esperti (Brenda Calvin del Calvin Group, un gruppo specializzato nel processo di inmissione sul mercato immobiliare dei grattacieli, scambio di mail con l'autore il 14-20 Maggio 2008), il maggior prezzo che gli utenti sono disposti a pagare per abitare o lavorare ai piani alti di un edificio è sufficiente per ricoprire ampiamente le ricadute negative, dal punto di vista economico, derivanti dallo sviluppo verticale dei fabbricati.

La corsa all'altezza è però ostacolata anche da alcuni fattori tecnologici che, sebbene non

Altezza: un buon ritorno sull'investimento

Nei primi anni del XX secolo i grattacieli che sorgevano a New York e a Chicago erano realizzati secondo i ferrei calcoli economici degli investimenti immobiliari e la loro silhouette, all'epoca non controllata da alcun regolamento edilizio, era studiata per massimizzare la rendita economica dell'investimento iniziale (Willis C., "Form Follows Finance", Princeton Architectural Press, New York, 1995). Il primo a comprendere il valore mediatico dell'altezza fu Frank Woolworth, promotore dell'omonimo grattacielo di New York: "Quando Frank Woolworth pagò 13 milioni di dollari in contanti per costruire un grattacielo di quasi 300 metri, che sarebbe diventato nel 1913 il più alto edificio del mondo, il suo general contractor Louis Horowitz in mise in guardia che l'edificio sarebbe stato troppo costoso e non avrebbe potuto restituire un utile soddisfacente. Woolworth rispose che il Woolworth Building sarebbe stato una specie di enorme cartello pubblicitario per promuovere davanti al mondo intero

la sua catena di negozi". In questo caso, rispose Horowitz, "l'investimento pareva eccellentemente remunerativo." (Weiss, M., "Skyscraper zoning: New York's pioneering role", in Journal of the American Planning Association, Marzo, 1992). Da questo episodio in poi, il titolo di "edificio più alto del mondo" ha assunto il ruolo di un manifesto per indicare il potere, la sicurezza economica e tecnologica del committente. Inoltre, a differenza dei grattacieli del passato, dedicati solitamente a singole persone o società (Rockefeller, Woolworth, Equitable ecc.), la tendenza attuale è quella di estendere la funzione simbolica dei grattacieli allo scopo di celebrare e commemorare la città o addirittura l'intero Paese nel quale vengono costruiti, come evidenziano i nomi del Taipei 101, Burj Dubai, Chicago Spire ecc. Il titolo di "edificio più alto del mondo" è ormai da qualche mese detenuto dal Burj Dubai, il fiore all'occhiello di un intervento edilizio del valore di 20 miliardi di dollari in corso di completamento nella metropoli araba. Quando sarà terminato, raggiungendo un'altezza



che si suppone sarà prossima a 850 metri (il dato ufficiale è tenuto sotto strettissimo riserbo), il grattacielo disegnato da Adrian Smith, del gruppo americano SOM, porrà fine a qualunque dubbio relativo alla corretta attribuzione dell'ambito titolo, precedentemente conteso tra Sears Tower, Taipei 101 e Petronas Towers.

Grattacieli: zone d'ombra, lati oscuri



Svantaggi economici

- Maggiori costi strutturali
- Ridotta efficienza d'uso dello spazio



Rischio sismico e affidabilità del suolo

- Edifici molto alti in zone sismiche creano problemi di stabilità nella faglia di Taipei, San Francisco



Logistica in verticale

- Il paradosso del "grattacielo alto un miglio" di Wright: il trasporto verticale avrebbe richiesto 134 ascensori con cabine a 5 piani che avrebbero occupato la maggior parte della superficie utile ai piani più bassi.
- Sbalzi pressori per l'apparato uditivo
- I limiti fisiologici dell'utenza (soprattutto nelle fasi di violenta accelerazione e decelerazione per il rapido cambio di pressione) non consentono alte velocità verticali, sia pur tecnicamente raggiungibili.
- Effetto camino, provocato dai vani cavi verticali degli ascensori a corsa lunga.
- Ve di fuga autonoma non sono determinabili negli edifici alti.

insuperabili, richiederanno ai futuri aspiranti supergrattacieli di sottostare ad alcuni compromessi. La crescente altezza dell'edificio comporta, ovviamente, un aumento esponenziale delle strutture necessarie a sostenere i carichi verticali e soprattutto orizzontali, come brillantemente enunciato da Fazlur Rahman Khan con la teoria del "premium for height". Lo studio di nuovi materiali e di schemi strutturali favorisce lo sviluppo verticale ma il problema potrebbe venire dal suolo su cui gli edifici vengono realizzati. Un'analisi del 2005 (Lin C.H., "Seismicity increase after the construction of the world's tallest building: An active blind fault beneath the Taipei 101" *Geophysical Research Letters*, vol. 32) evidenzia per esempio come la costruzione di edifici di grande altezza in zone a elevata sismicità (nello studio citato è il caso del Taipei 101), possa creare dei problemi di stabilità delle faglie provocando un aumento nel numero e nell'intensità delle scosse. Il problema, apparentemente marginale, riguarda però un discreto numero di metropoli asiatiche oltre alla stessa Taipei, numerose città giapponesi e soprattutto San Francisco, attraversata dalla temuta faglia di Sant'Andrea.

Il più importante problema relativo al superamento di altezze dell'ordine dei 500 metri è però dovuto al sistema di trasporti verticali. Al crescere dell'altezza dell'edificio aumenta infatti il numero degli ascensori necessari e le prestazioni a questi richieste per fornire un servizio adeguato. A crescere dell'altezza della corsa della cabina infatti,

diminuisce il numero di cicli che l'ascensore è in grado di compiere in un determinato intervallo, riducendone così la capacità di trasporto (comunemente chiamata *five minute handling capacity*).

A questo proposito, la più famosa utopia nella storia dei grattacieli è rappresentata dal progetto del Grattacielo Alto un Miglio di Wright. Il progetto, di cui non è mai stato sviluppato uno studio tecnologico sufficientemente dettagliato, appare tuttora di difficile, se non impossibile, realizzazione. Nel 1993 infatti, J. Fortune (*Fortune J.*, "Elevating Frank Lloyd Wright's Mile-High Building", *Elevator World* January 1993) calcolò che il sistema di trasporto verticale dell'edificio di Wright avrebbe richiesto 134 ascensori multiple decker (ovvero dotati di cabine a 5 piani) per poter garantire un livello di servizio appena accettabile; lo spazio occupato da un numero di ascensori così elevato avrebbe ridotto sensibilmente la superficie disponibile ai piani, occupando gran parte dell'area utile ai livelli più bassi. Oltre al problema della capacità fornita dal servizio di trasporto, parzialmente risolvibile con opportuni accorgimenti nella progettazione dell'impianto, il sistema di ascensori crea delle imitazioni di tipo tecnico: i problemi principali sono dovuti al progressivo peggioramento del rapporto tra il peso trainato (cabina e viaggiatori) e il peso dei cavi necessari alla movimentazione, e dalle crescenti velocità richieste agli ascensori. Ma la velocità verticale delle cabine, che potrebbe

Alla ricerca del record

Il "titolo" di edificio più alto del mondo, univocamente attribuito alla Sears Tower di Chicago fino al 1998, è diventato oggetto di controversie una volta completati i lavori di costruzione delle Petronas Towers. Infatti le torri gemelle di Kuala Lumpur, in Malaysia, rivendicarono il titolo di edificio più alto del mondo in funzione dell'altezza delle guglie, 9 metri più alte del grattacielo di Chicago. Il dibattito si accese considerando però che l'ultimo piano effettivamente occupato della Sears Tower si trova quasi 50 metri più in alto dell'ultimo piano abitabile delle Petronas Towers. Il Council on Tall Building and Urban Habitat, chiamato a diventare arbitro del contenzioso, stabilì così 4 criteri di catalogazione: altezza strutturale e architettonica, piano più alto occupato, altezza alla copertura e altezza totale, comprensiva di antenne, bandiere o altro. Venne così concesso il titolo nella prima categoria alle Petronas Towers ma si confermò la supremazia della Sears Tower nelle rimanenti tre categorie. Ma in questa corsa verso l'alto i titoli passano rapidamente di mano: attualmente il titolo della massima altezza architettonica spetta al Taipei 101 (509 metri). Nel Settembre 2008 è stato completato lo Shanghai World Financial Center, che detiene il titolo del più alto piano occupato (474 metri) e dell'altezza alla copertura (487 metri). La Sears Tower continua a mantenere il primato per l'altezza complessiva, dopo che l'installazione di una nuova antenna televisiva ha portato il punto più alto dell'edificio a 527 metri. Il Burj Dubai porrà sicuramente fine al contenzioso, innalzando tutti i precedenti record di alcune centinaia di metri.



La Sears Tower di Chicago, l'edificio più alto dal 1974 al 1998, ha rappresentato un'importante innovazione strutturale: il grattacielo progettato da SOM e Fazlur Khan utilizza un sistema strutturale a "fascio di tubi" che ha permesso di superare le inefficienze dei sistemi a telaio rigido (D.T.)

essere tecnicamente incrementabile con lo sviluppo di più potenti motori o di diverse tecniche di trazione (motori ad induzione lineare) si scontra con un limite non modificabile: i limiti fisiologici dei viaggiatori. Il fisico degli utenti degli ascensori super-veloci è infatti messo a dura prova da due aspetti legati alla velocità della cabina: le violente accelerazioni e decelerazioni e, fattore ben più limitante, la resistenza dell'apparato uditivo ai rapidi cambiamenti di pressione. Johannes De Jong, direttore del Marketing e Sviluppo di Kone, il più importante produttore al mondo di ascensori, (intervista realizzata a Dubai, Marzo 2008) ha raccontato, a riguardo dei sistemi di trasporto nei super-grattacieli, la sua personale esperienza in proposito: invitato al viaggio inaugurale dell'ascensore del Taipei 101, si è trovato a vivere un'autentica esperienza di panico quando, durante la salita a 16 metri al secondo, ha provato la sensazione che le sue orecchie stessero "scoppiando", a causa di un forte raffreddore, per il rapido cambiamento di pressione tra il piano terreno e l'osservatorio del 89° piano. Solo la sua esperienza e la conoscenza della reale differenza di pressione gli ha consentito di mantenere la

calma ma, in seguito a questo episodio, è stato installato un pulsante di emergenza che rallenta la corsa dell'ascensore in caso di malessere degli occupanti.

La presenza di ascensori aventi una corsa così lunga crea inoltre una serie di problemi relativi all'effetto camino che si verifica in tutti gli elementi cavi verticali come i vari di corsa degli ascensori, i cavedi tecnici e ogni altro elemento di continuità verticale. La differenza di temperatura tra l'ambiente interno e l'esterno innesca nel vano di corsa dell'ascensore un forte effetto camino. Il movimento della colonna d'aria, che dipende dalla differenza di temperatura e dall'altezza del camino, è ascendente quando la temperatura esterna è inferiore a quella interna, e discendente nel caso contrario. In un edificio climatizzato, la colonna d'aria contenuta in esso, essendo più densa dell'aria esterna, tenderà a "scendere" ed uscire attraverso gli ingressi posti al piano terra, "svuotando" l'edificio che, per compensare la differenza di pressione, tenderà a risucchiare aria esterna da la sommità. I rischi di un mancato controllo dell'effetto camino sono legati principalmente al cospicuo aumento dei costi di

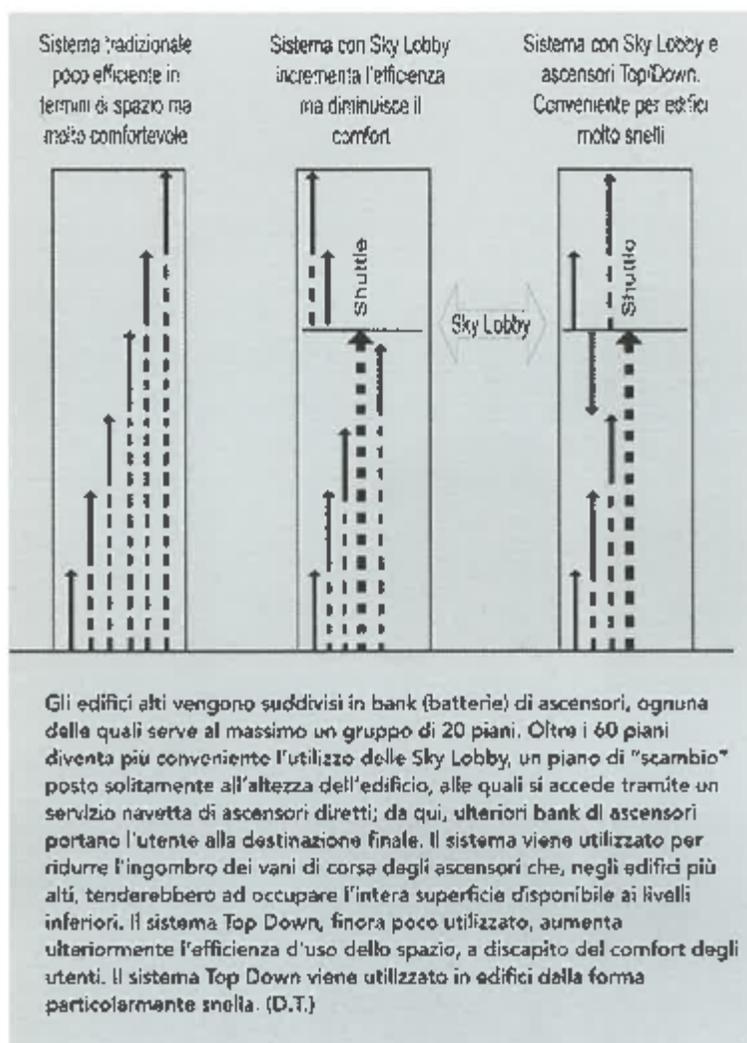
QUESTIONE DI CLIMA? O DI PROGETTISTA.

E' EMBLEMATICO IL FATTO CHE, AL DI LA' DELLE DIVERSE CARATTERISTICHE DELLE VETRATURE UTILIZZATE, LA SOLUZIONE DI INVOLUCRO SIA SOSTANZIALMENTE IDENTICA PER LA TRUMP TOWER, REALIZZATA NEL CLIMA CONTINENTALE DEL MIDDLE-EAST AMERICANO E PER IL BURJ DUBAI, NEL TORRIDO CLIMA DEL DESERTO DI DUBAI. ENTRAMBI MADE IN SOM



Il Burj Dubai e la Trump Tower di Chicago:

due progetti realizzati in contemporaneamente da SOM presentano "preoccupanti" similitudini nel trattamento dell'involucro. Come possono due edifici progettati l'uno per il clima torrido desertico di Dubai e l'altro per il clima continentale di Chicago (dove in inverno si raggiungono i -25°C) avere le stesse chiusure verticali? Entrambi gli edifici, nonostante numerose soluzioni d'avanguardia per il superamento di ostacoli tecnologici dovuti alla loro altezza, non presentano purtroppo alcuna innovazione significativa in grado di segnare una pietra miliare nella storia dei grattacieli. (foto: D.T.)



climatizzazione, oltre ad altre conseguenze che vanno dal semplice dis-comfort per gli utenti a vere e proprie situazioni di pericolo, specie se collegate ad eventi di incendi (Weismantle P., Leung L., "Burj Dubai stack effect" In CTBUH Journal, Autunno 2007). In particolare la gestione delle procedure di sicurezza, su cui si è concentrata l'attenzione del pubblico dopo gli eventi dell'11 Settembre 2001, pone un ulteriore problema allo sviluppo in altezza degli edifici. Le normali procedure di evacuazione "per fasi" risultano ora inadeguate perché, memori della tragedia americana,

tutti gli utenti di un grattacielo vogliono evacuare l'edificio il prima possibile. La fuga autonoma, tramite l'uso delle scale, è spesso impossibile già per gli edifici medio-alti (North A.T., "Tall Building Egress" in "Architectural Forum" Febbraio 1930). Le procedure tendono quindi ora ad utilizzare dei "luoghi sicuri", solitamente posizionati alla quota dei "live" tecnici, dove gli utenti possano rifugiarsi in attesa di venir soccorsi ed evacuati tramite l'utilizzo di speciali ascensori.

Il grattacielo più alto del mondo: lo stato dell'arte del Burj Dubai

La costruzione del Burj Dubai, che verrà completata nel corso del 2008, ha prodotto un forte stimolo alla ricerca di soluzioni innovative idonee a superare le sfide poste da un simile edificio, data la sua altezza di circa 300 metri superiore ai "normali" super-grattacieli. Il Burj Dubai si sviluppa con una pianta tri-assiale a forma di Y e con un profilo affusolato dalla base alla sommità. I vantaggi derivanti dalla sua silhouette sono sfruttabili per ridurre l'onerosità delle strutture. La pianta consente di opporre la massima resistenza strutturale o la massima aerodinamicità a seconda della direzione di provenienza del vento, limitando le sollecitazioni sia di flessione che di torsione della struttura. La forma affusolata contribuisce invece ad alleggerire i carichi orizzontali grazie a una progressiva riduzione della superficie che oppone resistenza al vento; inoltre, grazie alla frammentazione della sagoma dell'edificio data dai progressivi arretramenti del corpo di fabbrica, è in grado anche di ridurre l'effetto di oscillazione generata dai vortici d'aria. Infatti, presentando un profilo discontinuo all'azione del vento, ogni segmento dell'edificio ha una frequenza di oscillazione specifica e il susseguirsi di segmenti diversi impedisce la risonanza armonica dell'intero fabbricato. Un ulteriore accorgimento è consistito nel realizzare la sommità dell'edificio (circa 150 metri) con una struttura leggera in acciaio, a differenza del cemento armato usato per i primi 624 metri di struttura. Il problema dei trasporti verticali è stato affrontato dai progettisti mettendo in atto una molteplicità di accorgimenti progettuali tesi a ridurre la domanda di trasporto. Al consueto utilizzo di sky lobby (suddivisione dell'edificio in servizi di ascensori "locali" ed "espressi") e di ascensori double decker (ascensori a due piani,

SE SI SUPERANO I 500 METRI AL CRESCERE DELL'ALTEZZA DELL'EDIFICIO AUMENTA IL NUMERO DEGLI ASCENSORI NECESSARI E LE PRESTAZIONI A QUESTI RICHIESTE PER FORNIRE UN SERVIZIO ADEGUATO. AL CRESCERE DELL'ALTEZZA DELLA CORSA DELLA CABINA DIMINUISCE IL NUMERO DEI CICLI CHE L'ASCENSORE È IN GRADO DI COMPIERE IN UN DETERMINATO INTERVALLO, CIOÈ LA SUA CAPACITÀ DI TRASPORTO (FIVE MINUTE HANDLING CAPACITY).

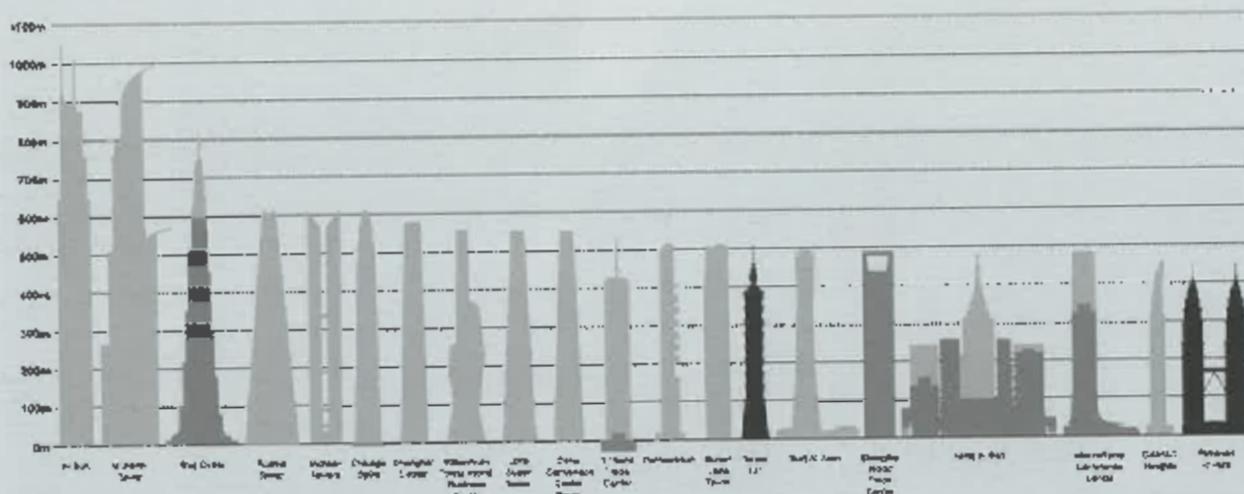
I 20 più alti nel 2020 (di Philip Oldfield)

È innegabile che il mondo degli edifici alti sia interessato da un boom senza precedenti di nuove costruzioni, anche maggiore dell'età dell'oro dei grattacieli di New York degli anni '20 e '30: attualmente esistono al mondo solo 35 edifici più alti di 300 metri, ma ce ne sono ben 55 in costruzione. Ma quale sarà il futuro dei grattacieli? Quale sarà tra qualche anno l'edificio più alto del mondo? Un'attenta ricerca è stata condotta dal Council on Tall Buildings and Urban Habitat per selezionare gli edifici presentati nel grafico: per rientrarvi, un grattacielo deve essere costruito, oppure essere in fase

di realizzazione o considerato perlomeno un progetto credibile. Un progetto è "credibile" se un developer o un gruppo di progettazione stanno sviluppando l'edificio oltre la fase concettuale. L'aspetto più impressionante della ricerca è che l'edificio in uso più alto del mondo in questo momento scivolerà fino al 14° posto mentre le Petronas Towers arriveranno in ultima posizione. L'ambizione del titolo di "edificio più alto del mondo" non è mai stata solo una questione economica di sfruttamento del suolo, ma ha sempre riguardato anche la creazione di un'icona architettonica riconoscibile da tutti.

Dopo lo shock dell'11 Settembre molti si interrogavano sul futuro di questa tipologia edilizia, chiedendosi se il grattacielo fosse ancora una valida alternativa per combattere lo sviluppo delle dimensioni delle città. Guardando quello che sta succedendo la risposta pare essere scontata. Tra un anno il Burj Dubai surclasserà il Taipei 101 di circa 300 metri. Con le nuove proposte di super tall building presentate, il Grattacielo Alto un Miglio di Wright non è forse più un sogno irrealizzabile.

(Tratto da: Oldfield, "Tallest 20 in 2020", CTBUH Journal Fall 2007, tradotto da: Danilo Trabucchi)



Il grafico rappresenta le proposte di futuri super-tall buildings. Il contrasto con quella che fino a pochi anni fa era lo stereotipo comune dei grattacieli ("americano, in acciaio, per uffici") sta ora subendo una radicale trasformazione. Il grattacielo del prossimo futuro sarà "nei paesi arabi, in cemento, a destinazione mista. Con i nuovi progetti in fase di definizione il Grattacielo Alto un Miglio di Wright non è più forse un'utopia irrealizzabile (P. Oldfield)

aventi una portata doppia rispetto agli ascensori tradizionali), nel Burj Dubai sono state utilizzate alcune soluzioni quasi inedite: l'inversione dell'usuale suddivisione verticale delle varie destinazioni d'uso dell'edificio e un servizio di ascensori top down (Weismant e P., Smith L. G., Sheriff M., "Burj Dubai: an Architectural technical design case study", The structural design of tall and special buildings n°16, Wiley, Londra, Novembre 2007). Solitamente infatti, gli uffici vengono collocati ai piani più bassi in quanto, avendo una densità di utenti superiori alle residenze (la densità degli utenti è stimata in 1 persona ogni 12-17 m² per gli uffici contro 1 persona ogni 25-50 m² per le residenze) gravano maggiormente sul sistema di

trasporto verticale. Grazie invece alla decisione di creare nel Burj Dubai uffici dirigenziali di altissima gamma, caratterizzati dunque da una elevata disponibilità di superficie pro capite e da minori esigenze di trasporto, è stato possibile collocare gli uffici alla sommità dell'edificio riducendo quindi al minimo la domanda di trasporto. Il sistema di ascensori top down è invece costituito da una sky lobby posta al 123 piano dalla quale si accede, oltre che ai normali ascensori che servono i piani superiori, anche a una batteria di ascensori che serve i piani posti al di sotto della sky lobby (112-123).

Segue a pag. 1117