

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”

POLI DELLE SCIENZE E DELLE TECNOLOGIE

FACOLTÀ DI ARCHITETTURA

DIPARTIMENTO DI CONFIGURAZIONE ED ATTUAZIONE DELL'ARCHITETTURA

Dottorato in

Tecnologia e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente

XVIII Ciclo

Indirizzo: Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente

- Settore Scientifico Disciplinare: ICAR/17-

Tesi di Dottorato di Ricerca

***COMUNICAZIONE, TRASMISSIONE E SEGNI.
LE TORRI EMITTENTI E RICEVENTI.***

Dottorando

Angelo Vallefucio

Docente Tutor

Prof. Arch. Mariella dell'Aquila

Coordinatore d'indirizzo

Prof. Arch. Mariella Dell'Aquila

Coordinatore

Prof. Arch. Virginia Gangemi

COMUNICAZIONE, TRASMISSIONE E SEGNI. Le torri emittenti e riceventi.

Indice

<i>Premessa</i>	5
<i>Capitolo primo</i>	
<i>LE TELECOMUNICAZIONI origini e sviluppo</i>	9
1.1 - Le origini	9
1.2 - I primi passi delle comunicazioni elettriche	12
1.3 - Gli esordi delle telecomunicazioni in Italia	17
1.4 - Le telecomunicazioni italiane dal 1925 al 1945	26
1.5 - La ricostruzione degli impianti dopo gli eventi bellici del 1940/45	30
1.6 - Le telecomunicazioni italiane dal 1948 al 1980	31
1.7 - Le nuove frontiere delle telecomunicazioni ai nostri giorni	38
<i>Capitolo secondo</i>	
<i>SISTEMI PER TRANS-MITTERE apparati emittenti e riceventi</i>	45
2.1 - Sistemi di trasmissione	45
I segnali	46
I canali di comunicazione a distanza	47
Il "rumore"	50
Modello di un sistema di trasmissione	50
Le reti di telecomunicazione	52
<i>Capitolo terzo</i>	
<i>FORMA E FUNZIONI evoluzione delle architetture per le telecomunicazioni</i>	55
3.1 - I precursori delle torri di telecomunicazioni	55
3.2 - La torre Eiffel: simbolo della tecnica innovatrice del XIX secolo	56
3.3 - La Fernsehturm di Berlino: metafora e ideologia	62
3.4 - Forma e struttura: la torre di Collserola	69
3.5 - Natura e artificio: le torri per le comunicazioni di Calatrava	76
<i>Conclusioni</i>	81
<i>Appendice: Le torri per le comunicazioni</i>	85
<i>Riferimenti bibliografici</i>	129

COMUNICAZIONE, TRASMISSIONE E SEGNI. Le torri emittenti e riceventi.

Premessa

La costruzione di una torre è uno dei sogni più grandi dell'umanità. Per le prime civiltà, le torri resero possibile vedere l'avvistamento nemico che si avvicinava e quindi potersi proteggere da esso. La Torre di Babele appare come un centro catalizzatore di forme e simboli delle prime torri, proprio così come i grattacieli della nostra epoca.

L'uomo è naturalmente attratto da tutto ciò che è "al di sopra": il basso è lo spazio della terra, del finito, della materia, dell'istinto, dell'inferno, mentre l'alto rappresenta il cielo, l'infinito, la mente, le idee, il paradiso. Anche nel nostro corpo, alto e basso hanno significati diversi. In alto c'è il cervello, che presiede alle funzioni di tutti gli organi, quindi domina. Non solo: il cervello trasforma tutte le esperienze in idee, è l'organo della saggezza. Così coloro che dovrebbero dispensare saggezza, come re, sacerdoti e muezzin, gli oratori in genere, si pongono in alto, sia perché in questo modo dominano la platea sia perché il loro compito è quello di spiritualizzare ed è dall'alto che scende la spiritualità. Stare in alto permette a chi parla di essere visto e sentito da tutti, in più crea un alone di reverenza e carisma, indispensabile ai leader.

Oggi l'architettura sceglie soluzioni in altezza soprattutto per sfruttare al meglio lo spazio, ma anticamente le motivazioni erano ben altre. Nel Medioevo, per esempio, costruire in altezza aveva funzione di rappresentanza. I signori feudali gareggiavano fra loro nel costruire le torri più alte, sinonimo di dominio e potere. Stare in alto assicurava anche maggiori possibilità di difesa. Le città fortificate, ieri come oggi, sorgevano su roccaforti a strapiombo o colli, in modo da costituire punti strategici di controllo su tutto il territorio.

L'altezza è un ostacolo per chi si vuole avvicinare e facilita le manovre d'attacco da parte di chi sta in alto. Insomma, un ottimo mezzo di difesa.

Nelle città di oggi avere un appartamento ai piani alti permette di godere di una visuale aperta, panoramica, più lontana dai rumori del traffico e dallo smog cittadino. Non a caso "piani alti", è anche, nelle aziende, sinonimo di gruppi dirigenti. A parte i vantaggi pratici, la costruzione in altezza dell'epoca mo-

derna ha molti significati psicologici. Innanzitutto si tratta di una sfida tecnologica: chi arriva più in alto lo fa grazie a soluzioni sempre più avanzate tecnologicamente, quindi dimostra forza, intelligenza, coraggio. Il linguaggio degli edifici non è diverso da quello degli uomini. Come la gente alza la voce per farsi sentire, allo stesso modo l'architettura "alza" il tono per segnalare la propria presenza. Le banche, per esempio, scelgono spesso edifici dalle altezze stratosferiche proprio per imporre la propria immagine.

Anche l'altezza dei campanili, oltre a una funzione pratica, ha una valenza simbolica: permette un facile riconoscimento e serve da richiamo. Ma se facciamo un passo indietro nel tempo scopriamo qualcosa di più: dopo la caduta dell'Impero Romano i detentori della cultura erano i monaci. Proprio dai campanili i monasteri scandivano i ritmi del lavoro e della preghiera di tutti. L'altezza era fondamentale perché tutti potessero vedere, anche da lontano, i simboli materiali di questa realtà. Lo stesso vale per le torri signorili cittadine: ricordavano a tutti chi fossero i detentori del potere. Basta pensare a Palazzo Vecchio a Firenze. Anche in epoche più moderne, gli edifici o i monumenti che si stagliano nel cielo delle grandi città ne sono diventati i simboli (la Tour Eiffel a Parigi, la Statua della Libertà e l'Empire State Building a New York, il Big Ben a Londra, per esempio): aiutano l'orientamento degli individui attorno a un punto nevralgico.

Alto significa mistico. L'altezza ha rappresentato, soprattutto nel periodo gotico delle cattedrali, un tentativo di avvicinamento alla divinità. Un esempio moderno sono le guglie lasciate incompiute dal celebre architetto spagnolo Antonio Gaudì a Barcellona. Anche la mitica torre di Babele rappresenta il fallimentare tentativo umano di raggiungere la divinità. È per la stessa ragione che l'uomo cerca Dio fra le più alte cime dei monti? Ovunque, nel mondo, le montagne sono da sempre dimora del sacro: gli dei greci vivevano sull'Olimpo. Mosè ricevette le tavole della legge sul monte Sinai, il Fuji è il monte-santuario dei giapponesi, l'Ararat è la montagna sacra per i turchi e l'Ayers Rock quella degli aborigeni australiani. Il dio induista Shiva dimora sulla cima del Kailas.

L'altezza esprime l'idea di un potere superiore, per questo può favorire la vicinanza con la divinità e l'estraniamento dal mondo; non a caso gli eremiti si rifugiano sui monti. In più, l'inaccessibilità delle vette più elevate favorisce il sentimento di sfida dell'uomo con se stesso e con la natura.

Oggi si è spinti a costruire torri dalla ricerca di altezze sempre più elevate. La maggior parte dei grandi edifici sono arrivati a rappresentare l'emblema delle città in cui risiedono, talvolta oscurando perfino le più grandi strutture religiose.

L'ingegnosità moderna e la tecnologia rendono ora possibile il raggiungimento di altezze incredibili. Nel loro processo, le torri hanno acquisito delle funzioni nuove nel settore del turismo e delle comunicazioni. Infatti, proprio dal sempre più crescente sviluppo nell'ambito delle comunicazioni radio-televisive, telefoniche e satellitari, molte torri hanno assunto un ruolo importante in questo campo.

Nel contempo, cercando il piacere di ammirare panorami spettacolari da altezze non comuni o l'esperienza di "essere alla cima", diverse torri sono diventate punti di attrazione e di svago per milioni di

persone. Nel tempo, grazie all'estro dei suoi progettisti e alla loro capacità di adeguare le nuove tecnologie ai propri bisogni, esse hanno modificato la propria figura assumendo un nuovo valore estetico e diventando sempre più dei veri e propri “oggetti di design”, in cui struttura e forma si completano a vicenda.

COMUNICAZIONE, TRASMISSIONE E SEGNI. Le torri emittenti e riceventi.

COMUNICAZIONE, TRASMISSIONE E SEGNI. Le torri emittenti e riceventi.

Capitolo primo

LE TELECOMUNICAZIONI origini e sviluppo

1.1 - Le origini

Per molti secoli l'uomo ha provveduto alla trasmissione di informazioni a distanza solo ricevendo direttamente con l'organo dell'udito o della vista segnali sonori o luminosi, codificati e non, generati naturalmente o artificialmente. L'attenuazione subita dai segnali nella propagazione delle onde sonore e luminose e la sensibilità degli organi dell'udito e della vista hanno sempre rappresentato i limiti a qualsiasi forma di comunicazione che, quando necessario, potevano essere superati utilizzando stazioni di ripetizione con operatori addetti al ricevimento dei segnali ed alla loro esatta ritrasmissione alla stazione successiva. L'origine di questo processo completo o parziale, del resto sempre attuale, si confonde con l'origine stessa dell'Umanità.

Scoperto il fuoco, l'uomo impiegò bagliori e fumate per trasmettere segnali visibili anche a distanze notevoli. Dei tamburi si sono serviti e si servono forse ancora diverse popolazioni per le segnalazioni a distanza (i noti tam-tam dell'Africa Equatoriale), e probabilmente c'è ancora nella stessa Europa qualche sopravvivenza di usi medievali in campo per così dire «urbano» come nel caso di banditori che propagano le notizie percorrendo strade e piazze. I cinesi impiegavano «razzi» fortemente luminosi, che una volta accesi non potevano essere spenti né dal vento né dalla pioggia, e ubicati a determinate distanze sui 2.000 Km della Grande Muraglia segnalavano i movimenti delle orde tartare. Le Tribù di Israele usarono fuochi e fumate e, successivamente, i greci fecero uso dei «fuochi frascici» accesi su torri o su montagne con i quali venivano trasmesse frasi prestabilite. La prima citazione storica di

segnalazioni con fuochi ci proviene da Eschilo (524 - 456 a.C.) nel 1° episodio dell'Agamennone¹ quando Clitennestra, rivolta al Coro per annunziare la lieta notizia della vittoria contro i Troiani, descrisse un'ideale linea telegrafica costituita proprio da fuochi e bagliori.

....CORIFEO

Ma quale messaggero giungerebbe così presto di là?

CLITENNESTRA

*Efesto, inviando dall'Ida bagliore di fiamma;
e roghi fin qui succedendosi a roghi.*

*Il fuoco è il corriere. L'Ida alla rupe Ermeia di Lemno
e dall'isola, terza, la vetta dell'Atos a Zeus consacrata
accolse la fiaccola enorme.*

*Poi l'anelito festoso della torcia
con un salto varcò il dorso del mare,
trasmise come un sole i bagliori dorati
d'un raggio al Macisto in vedetta.*

*Il monte non tarda, non si è reclinato storditamente
al sonno, è pronto al suo turno di messaggero.*

*Così da lungi, attraverso le correnti dell'Euripo
le scelte messapie videro giungere il segno splendente
e con fiamma alla fiamma risposero, avanti sospinsero
il nunzio incendiando una forcata di erica secca.*

*Vigorosa, senza mai affievolirsi, la luce
scavalca la piana d'Asopo, fulgida come una luna
svegliò sulla vetta del Citerone
l'altra staffetta della catena di fuoco.*

*Il raggio sbucato lontano non fu respinto:
la scolta bruciò più di quanto le avevano imposto
e il raggio rimbalza sulla pianura gorgopide,
sfiora appena il gioco dell'Egipianto,
per sollecitare la fiamma già pronta.*

*Mandano infatti un'altra gran barba di fiamma,
eccitata con generoso vigore, a varcare guizzando
il promontorio che veglia lo stretto Saronico;
ed ecco un raggio sfrecciare, ferire
la punta Aracnea, vedetta prossima ad Argo;
e di là piombare su questa casa d'Atreo
la luce che ha il suo progenitore nel fuoco dell'Ida.
Queste le tappe da me fissate ai suscitatori dei fuochi
scaturiti a catena l'uno dall'altro;
vince il primo corridore e l'ultimo insieme.
Questo il segnale, il messaggio convenuto,
che lo sposo mi manda da Troia.....*

Un particolare cenno merita l'invenzione attribuita ad Enea il Tattico (IV sec. a.C.) perchè precorritrice in qualche modo dei sistemi a sincronismo: le stazioni, identiche l'una all'altra e collocate in maniera visibile tra loro, erano munite di grandi vasi pieni d'acqua provvisti di fori equidistanti tra loro e sui

¹ Eschilo scrisse l'Agamennone nel 459 a. C. per celebrare la guerra di Troia che era stata combattuta circa 700 anni prima e che si era conclusa nel 1150 a.C. con la vittoria dei Greci.

quali galleggiava uno spesso disco di sughero, al cui centro era fissata, in senso verticale, una tavoletta alta quanto il vaso e su cui erano incise scritte, sigle o lettere dell'alfabeto. Mediante un comando ottico, ottenuto da torce che si alzavano e si abbassavano rapidamente, gli operatori lasciavano fluire il liquido dai vasi per lo stesso periodo di tempo, cosicché alla fine l'altezza del liquido nella ricevente era identica a quella della trasmittente e quindi sulla tavoletta si poteva leggere l'informazione identica a quella del posto di trasmissione. Nel 200 a.C., nel sistema detto «di Polibio», l'alfabeto veniva scomposto in cinque gruppi fissati su altrettante tabelle tenute da entrambe le stazioni. Gli operatori, stando dietro appositi schermi, segnalavano a mezzo di fiaccole prima il numero d'ordine della tabella e poi la lettera da leggersi, formando così con successive segnalazioni le intere parole e frasi da comunicare. Molto più tardi, nel II sec. d.C., le segnalazioni si facevano a mezzo di una combinazione di fuochi per formare un codice e con l'uso razionale di bandiere colorate con le quali si componevano segnali corrispondenti a lettere dell'alfabeto, sistema rimasto sostanzialmente in uso fino ad oggi nel campo delle segnalazioni marittime. Con i Cartaginesi, che con i «segnali ignei» riuscirono a comunicare dall'Africa alla Sicilia con l'intermediario di una stazione ripetitrice nell'Isola di Pantelleria, il sistema ebbe una prima organizzazione militare. Sotto Annibale, infatti, fu istituito uno speciale corpo di segnalatori, mentre Cesare, nella conquista delle Gallie, si servì di segnali a fuoco; fino ad allora, difatti, i Galli avevano utilizzato solo «urlatori» sia pure con un sistema tanto ben organizzato di ripetizione che «in dodici ore la notizia dell'eccidio dei Romani pervenne da Orleans in Alvernia a 40 leghe di distanza».

Per necessità imperiali fu attuata dai Romani una più vasta ed organica rete di telegrafia, basata su speciali torri regolarmente distanziate sulle quali venivano accesi fuochi o effettuate fumate. Essa si dipartiva infatti da Roma attraversando le Gallie e la Spagna e da Gibilterra passava in Africa seguendo la costa mediterranea fino all'Egitto; passava quindi alle regioni del Tigri e dell'Eufrate per richiudersi a Roma attraverso la Valle del Danubio. In uno dei bassorilievi della Colonna Traiana appare una torre destinata alle manovre del fuoco e questo testimonia l'importanza della telegrafia presso i romani. Con le invasioni barbariche le organizzazioni telegrafiche scomparvero e salvo eccezioni (Spagna, Costantinopoli, Paesi del Galles, ecc.) non si trovano tracce di trasmissioni telegrafiche fino al XVI secolo.

Galileo Galilei (15 febbraio 1564 - 8 gennaio 1642), perfezionando il cannocchiale, aumentò notevolmente la distanza fra le stazioni di segnalazione per cui si poterono realizzare sistemi ingegnosi che diedero origine all'arte dei segnali. La sua più che un'invenzione fu, come lui stesso ammise, un'«azzeccata intuizione», secondo la quale intravedeva la possibilità di comunicare a distanza per «simpatia di aghi magnetici». L'inglese Robert Hooke nel 1684 tentò poi di utilizzare le lettere dell'alfabeto, costruendo lettere in tavole abbastanza grandi da potersi leggere a distanza, cosa che divenne più agevole qualche anno dopo allorché le stazioni furono munite di telescopi e quindi fu possibile sperimentare trasmissioni di «frasi prestabilite».

Il telegrafo cosiddetto «vivente» si deve al tedesco Bergstrasser che, nel 1783, pensò di combinare i segnali ottenuti dalle varie posizioni delle braccia di soldati appositamente addestrati. Da questo ad un sistema che ebbe vasta fortuna in Francia il passo non era grande. Infatti Claude Chappe sostituì nel 1791 il moto delle braccia umane con il moto di un'asta regolatore di dimensioni notevoli imperniata su un sostegno posto a quota elevata e portante, incernierata ad ogni estremità, un'altra asta che fungeva da indicatore. Manovrando corde e carrucole, le combinazioni delle possibili posizioni del regolatore e degli indicatori, che gli operatori rilevavano a mezzo del cannocchiale, erano 196 di cui la metà destinate a segnalazioni di servizio. L'invenzione fu apprezzata nel 1793 dalla Repubblica Francese, impegnata contro gli eserciti della Coalizione che intendevano ristabilire l'ordine nel paese e, dopo un riuscito esperimento pratico, autorizzò l'abate Chappe a costruire la prima linea telegrafica, estesa per duecentotrenta chilometri in linea d'aria, da Parigi a Lilla, e per agevolargli il compito fu emanato un decreto, in data 24 settembre 1793, col quale si permetteva al costruttore di installarsi su torri, campanili, monumenti, terreni privati e di abbattere alberi che potevano impedire la visuale. La linea telegrafica, terminata nel marzo 1794, servì il 19 luglio successivo ad annunciare a Parigi la presa di Landrecies. Il 1° settembre 1794 (15 fruttidoro - anno II) la notizia della presa di Condé agli Austriaci fu trasmessa col sistema Chappe alla Convenzione e fruttò all'autore la nomina a Direttore dei telegrafi di Francia.

Lo sviluppo di questo telegrafo fu notevolissimo giacché nel 1844, quando fu costruita la prima linea telegrafica elettrica fra Parigi e Rouen, la rete Chappe, detta «aerea», aveva una lunghezza di 5.000 Km con 534 stazioni distanziate quindi a circa 9,3 Km una dall'altra, e serviva 29 città. La rapidità del sistema era relativamente notevole se un segnale elementare poteva pervenire da Lilla a Parigi, attraverso l'utilizzo di 16 ripetitori, in due minuti primi e da Parigi a Lione, mediante 116 stazioni, in 20 minuti.

Il telegrafo di Chappe ebbe applicazione in vari Paesi ed anche in Italia è da ricordare il collegamento istituito nel 1805 fra Parigi – Torino - Genova, poi prolungato nel 1810 a Milano e Venezia, con derivazione a Mantova².

1.2 - I primi passi delle comunicazioni elettriche

Mentre nasceva e si sviluppava il sistema di telegrafia Chappe, da considerare il più perfetto che l'umanità abbia saputo escogitare dalle origini alle soglie del sec. XIX, l'elettricità entra per la prima volta nella telegrafia con il Lesage (1774) che tentò infruttuosamente di utilizzare le cariche elettriche ottenute da una macchina elettrostatica, da inviare ad un estremo di 24 fili (uno per ogni lettera dell'alfabeto) per far muovere altrettanti pendolini di sambuco posti all'altro estremo.

² A. Antinori, *Le telecomunicazioni italiane*. Edizioni dell'Ateneo, Roma: amministrazione P.T., 1962.

A Bologna, nel 1792, Galvani conduceva le celebri esperienze sull'elettricità delle rane che lo portarono a polemizzare con Alessandro Volta il quale, con esemplare rigore scientifico, spiegava i fenomeni osservati dal Galvani e nel 1800, a conclusione degli studi intrapresi, faceva dono all'umanità della prima sorgente di corrente elettrica continua. Contributo questo rivoluzionario nel campo della scienza e della tecnica che inizia un'era di progresso incessante che tuttora viviamo.

Sull'effetto chimico della corrente, già nel 1808, il Sömmering in Russia basò un telegrafo con 25 fili, uno per ogni lettera dell'alfabeto, ripetendo in altra forma il tentativo di Lesage. Qui ad un estremo di ognuno dei 25 fili si poneva una pila e all'altro estremo, quello ricevente, un voltmetro nel quale la scomposizione dell'acqua provocava l'alzarsi della lettera corrispondente.

Sull'effetto magnetico della corrente rilevato da Oersted, Ampère indicava nel 1820 il principio di un telegrafo, del resto mai realizzato, pure a 25 fili (uno per ogni lettera) terminanti, all'estremo ricevente, su altrettante bobine agenti su un pari numero di aghi calamitati, in cui la ricezione di una lettera era rilevata dal movimento del corrispondente ago.

Un tentativo analogo fu fatto nel 1832 da Schilling, ufficiale russo, che sperimentò un telegrafo a 5 aghi calamitati, poi ridotti a due, mentre nel 1833 Gauss e Weber in Germania e nel 1837 William Cooke e Sir Charles Wheatstone in Inghilterra facevano funzionare telegrafi elettrici di loro ideazione. Allo Steinheil si deve la realizzazione a Monaco nel 1837 del primo apparecchio scrivente su nastro di carta nonché l'importante scoperta del ruolo della terra come conduttore di ritorno.

Il pittore Samuel Finley Breese Morse, che aveva fatto più di un viaggio in Europa e in Italia aveva dipinto vedute della campagna romana, nel 1832 ritornando in America concepì il suo telegrafo elettromagnetico che modificò e fece brevettare nel 1837. Il ritrovato consisteva in un trasmettitore che inviava sulla linea, costituita di conduttori chiusi su se stessi o in serie con la terra o con l'acqua, impulsi di corrente fornita da pile o altro generatore elettrico che poi venivano recepiti da un ricevitore costituito da un dispositivo elettromagnetico che, ad ogni chiusura o interruzione del circuito, tracciava dei segnali a punto e linea dell'omonimo alfabeto. Questo meccanismo fu oggetto di esperimento pubblico che interessò anche il Congresso ma senza immediata fortuna, neppure in Inghilterra e in Francia dove il Morse si recò appositamente nel 1839. Però, sia pure quattro anni più tardi, cioè nel 1843, il Congresso degli Stati Uniti concesse al Morse un contributo di 30.000 dollari per l'esecuzione di un sostanziale esperimento che di fatto fu effettuato fra Washington e Baltimora il 24 Maggio 1844 con risultati decisivi per l'adozione del sistema. Un altro americano, David Edward Hughes, perfezionò ulteriormente il telegrafo nel 1855 con un apparecchio che poteva trasmettere ben millecinquecento parole all'ora. Esso era costituito da una trasmittente ed un ricevitore mantenuti in movimento sincronico ed i segnali venivano emessi in forma di brevi correnti d'impulso, diversamente distanziati da una speciale emissione iniziale per ogni lettera dell'alfabeto, così da permettere sia la trasmissione

mediante una tastiera alfabetica di 28 tasti, simili a quella del pianoforte, sia la ricezione e la stampa dei caratteri ordinari.

Molti fisici europei, a quell'epoca, affrontarono il problema della trasmissione a distanza di segni convenzionali grafici. L'inglese Bain, nel 1846, era riuscito a riprodurre elettrochimicamente dei segni grafici usando carta imbevuta di ferro e cianuro di potassio. Fu il senese Giovanni Caselli, studioso dedito alla letteratura e alle scienze, a risolvere mirabilmente tutti i problemi nel campo degli apparati telegrafici elettrochimici realizzando, tra il 1855 e il 1861, il suo telegrafo scrivente o «pantelegrafo», basato sull'effetto chimico della corrente mediante la quale si potevano trasmettere autografi e disegni a distanza. Le prove conclusive e i collaudi si svolsero a Parigi, dove il Caselli ebbe anche l'appoggio dell'imperatore Napoleone III. Esso fu impiegato nel 1865 sulla linea Parigi-Lione-Marsiglia fino al 1870, anno in cui il servizio cessò in seguito alla disfatta di Sedan. Il 17 aprile 1866, in Russia, il pantelegrafo fu usato soltanto per lo scambio di messaggi fra le residenze imperiali di Mosca e Pietroburgo. Esso è composto da un trasmettitore e da un ricevitore: il primo, costituito da una punta collegata al circuito elettrico di trasmissione, mossa da una vite senza fine e da un supporto oscillante, esplorava una superficie semicurva in rame su cui venivano eseguiti, tramite inchiostri speciali, scritti e disegni, inviando conseguenti impulsi di corrente ad ogni interruzione causata dalla lettura dei tratti inchiostriati. Il movimento del supporto lettore veniva impresso da un apparato elettromagnetico collegato ad un cronometro a pendolo che inviava il sincronismo al trasmettitore e al ricevitore; il ricevitore era molto simile al trasmettitore. Sul supporto oscillante, una punta analogica sincronizzata, faceva passare la corrente su una carta chimica, avvolta sulla superficie semicurva che annerendosi riproduceva disegni e scritti. Per la sua particolare identità tecnica, il pantelegrafo può considerarsi il precursore del moderno servizio di telefoto.

Negli anni si susseguirono diversi sistemi basati sull'effetto elettromagnetico. Il telegrafo di Wheatstone è una derivazione di un primitivo apparecchio ideato da Ampère nel 1820 ed è basato sul principio che la corrente elettrica, agendo su di un ago calamitato, ne provoca l'oscillazione. Il telegrafo di Foy e Breguet ripeteva con gli aghi il movimento del telegrafo Chappe. I telegrafi di Breguet erano, nella parte del trasmettitore, formati da un quadrante suddiviso in 26 settori uguali, a ciascuno dei quali corrispondeva una lettera o un segnale; su di esso poteva spostarsi un raggio con manovella solidale con un disco situato sotto il quadrante stesso. Spostando la manovella, si determinava la rotazione del disco, e l'estremità a molla della leva compiva tante oscillazioni quante le sporgenze ed i vani passati sotto l'estremità opposta della leva stessa. Il ricevitore consisteva in un sistema di orologeria nel quale, al posto del bilanciere che regola lo scappamento, era posta l'armatura di un elettromagnete. Giungendo successivamente un certo numero di impulsi di corrente, l'indice del quadrante si andava spostando, arrestandosi quando gli impulsi cessavano; veniva in conseguenza indicata nella posizione di arresto, la lettera corrispondente a quella su cui si era fermata la manovella dell'apparato di trasmissione. Tale

sistema fu impiegato nell'Amministrazione telegrafica Francese per circa un decennio e fu adottato successivamente anche nell'Amministrazione telegrafica del Granducato di Toscana (prima metà sec. XIX). Nei telegrafi di Wheatstone e di Siemens la sorgente era costituita da una macchinetta elettromagnetica. Infine, nel 1855, fu ideato da Henley un apparato telegrafico ad induzione. Adottato nelle province napoletane del Regno delle due Sicilie, tale apparato è fondato sullo stesso principio del sistema Wheatstone a due aghi, ma, il trasmettitore anziché essere formato da una leva spostabile fra due viti di contatto delle pile di linea, è costituito da un tasto che abbassandosi fa roteare due bobine in un intenso campo magnetico prodotto da una potente calamita. La corrente che si genera per tale movimento viene utilizzata per la trasmissione sulla linea.

Ma il sistema Morse, che permetteva la trasmissione dei segnali del noto codice binario e la registrazione su zona, fece giustizia di tutti gli altri sistemi per la sua semplicità e sicurezza diffondendosi rapidamente in tutto il mondo.

In seguito si pensò di collegare fra loro i continenti, mediante cavi telegrafici che varcassero gli oceani. Fu, insieme a quella ferroviaria, l'altra grande epopea tecnologica ottocentesca. Nel 1851 il primo cavo telegrafico sottomarino collegava la Francia all'Inghilterra, e si pensava già di mettere in contatto il Vecchio con il Nuovo Mondo, collegamento che fu realizzato nel 1866. Ancora più fantastica del telegrafo doveva rivelarsi l'invenzione del telefono. Tanto fantastica che i primi, sfortunati precursori passarono per pazzi. Fu ciò che accadde al geometra Innocenzo Manzetti, che nel 1860 comunicò di aver costruito un dispositivo che «trasmette la parola pel semplice mezzo di un filo telegrafico». Nessuno gli credette. Molto turbolenta fu la vicenda di Antonio Meucci, considerato oggi come il vero ideatore del telefono. Nato a Firenze nel 1808, dapprima daziere e in seguito macchinista teatrale, come tale si recò all'Avana, dove lavorò al Teatro dell'Opera, dal 1833 al 1841. Fra le tante attività intraprese vi fu anche quella della galvanoplastica. È così che Meucci continuò a familiarizzare con l'elettricità e a realizzare un laboratorio ricco di attrezzi elettrici e cosa ben più importante a disporre di un notevole numero di pile Bunsen³. In quel periodo accadde che alcuni amici medici gli parlassero degli effetti terapeutici prodotti sul corpo umano dalla nascente elettroterapia, per questo pensò di allestire un laboratorio. Un giorno si presentò una persona affetta da reumatismi alla testa e, dopo averlo fatto accomodare, mise un utensile di elettroterapia nella mano del paziente, un altro lo pose nella bocca dello stesso ed un terzo sulla propria guancia. Al momento dell'erogazione della corrente il povero malato, sottoposto ad una scarica di circa 114 V, emise un forte grido che Meucci avvertì non solo per via naturale, ma anche per via elettrica attraverso il terzo strumento posto vicino al suo orecchio. Intuì così che la voce umana poteva essere trasmessa per via elettrica, tanto che l'apparato fu chiamato dallo stesso Meucci come «telegrafo parlante» o «telettrofono». Naturalmente successivamente, in un secondo

³ La pila Bunsen ha buone caratteristiche elettriche: tensione di 1,9 V per elemento, bassa resistenza interna $R_i=0,16 \Omega$ e una notevole corrente erogabile di circa 12 A.

esperimento, riuscì a superare l'inconveniente della scossa elettrica, sia per il paziente che per sé stesso, modificando gli utensili adoperati e inserendo un cono di carta intorno alla linguetta metallica in modo da isolarla galvanicamente dal corpo umano e al momento stesso aumentare l'effetto acustico. Ecco così il primo convertitore acustico reversibile di sua invenzione che tuttora, sostanzialmente invariato, è applicato nel ricevitore telefonico⁴. Si tratta, come ben noto, di una lamina di materiale ferromagnetico (indicato nel Caveat del 1871 come «sostanza capace d'induzione») in grado di vibrare, posta molto vicina ad un nucleo magnetico sul quale è avvolto il filo conduttore. Parlando all'estremo dell'apparecchio trasmittente le vibrazioni della lamina producevano le variazioni del flusso magnetico e, quindi, la corrispondente corrente variabile nel circuito chiuso sull'apparecchio ricevitore che faceva vibrare la lamina di questo, riproducendo il suono. Questo sistema era autonomo poiché non richiedeva l'ausilio esterno di una sorgente di corrente elettrica, come era avvenuto per il telegrafo.

Le disavventure nacquero per reperire i fondi per sostenere la sua ricerca; a tal fine si trasferì nel 1845 a Cliffter (Long Island), impiantandovi per vivere una fabbrica di candele, nella quale accolse un altro emigrato illustre, Giuseppe Garibaldi, facendolo suo collaboratore.

Meucci, tra innumerevoli difficoltà, continuò a perfezionare l'invenzione, brevettandola nel 1871. L'anno seguente la presentò al presidente della Western Telegraph Company, Grant, il quale dapprima gli promise il suo appoggio, ma poi cominciò a nicchiare e a rinviare. Nel 1874 Meucci era ridotto talmente a mal partito da non possedere neppure i dieci dollari necessari al rinnovo del brevetto, e Grant, cui chiese di restituirgli i progetti, rispose tranquillamente di averli smarriti. La sfortuna pareva accanirsi contro il fiorentino: rimasto gravemente ferito nell'esplosione di un traghetto su cui viaggiava, apprese che la moglie aveva venduto disegni e modelli della sua invenzione per pagargli le cure.

Inizia a questo punto una sorta di thriller industriale: il 6 febbraio 1876, scaduto definitivamente il brevetto di Meucci, il professor Alexander Graham Bell di Boston si presenta al competente ufficio di Washington depositandovi il progetto di un sistema di trasmissione della parola a distanza mediante la rete telegrafica; un'ora dopo entra trafelato nello stesso ufficio il signor Elisha Gray di Chicago, per presentare un brevetto analogo. Mentre Bell esibisce al pubblico il suo apparato telefonico in occasione dell'Esposizione di Filadelfia, tenutasi nel giugno 1876 per celebrare il centenario dell'indipendenza americana, Meucci cede la sua invenzione alla Globe Telephone Company, la quale realizza gli impianti e nel 1885 li mette a disposizione degli utenti. I giornali americani scatenano una lunga polemica sulla priorità della scoperta; dal canto suo la Bell Telephone Company querela Meucci e la società rivale per furto di brevetto. Una prima sentenza della Corte Suprema, nel 1886, dà ragione al Meucci, ma la causa si trascina ancora per anni e, morto il fiorentino nel 1889, la Globe viene condannata nel 1892 al

⁴ Innocenzo Manzetti di Aosta tra il 1850 e il 1860 aveva immaginato e costruito qualcosa di simile, di cui si ha notizia dalla stampa dell'epoca (*L'indipendent*, giornale di Aosta 29 giugno 1865) o anche da riviste straniere (*Electrical Review* di Londra 1882-84) e successivamente nella monografia del conterraneo Tibaldi Tancredi pubblicata a Torino nel 1897, nella quale figurava una descrizione.

pagamento dei danni, perché non ha presentato in tempo i documenti necessari. La sentenza dunque non chiariva nulla.

Vale la pena di ricordare che nella richiesta di brevetto del 1871 il sistema era del tutto completo, giacché lo schema della comunicazione indicava i due conduttori di linea indipendenti fra loro e con ritorno a terra, l'uno per le comunicazioni in un verso, l'altro nel verso opposto. A ciascun estremo erano installati due apparecchi sostanzialmente identici del Meucci, con i quali era possibile parlare e ricevere contemporaneamente: una vera, anche se primordiale, comunicazione a quattro fili. Inoltre vi era un sistema di chiamata per ognuno dei fili di linea con pila all'estremo trasmittente e suoneria a quello ricevente, dove la pila era destinata solo a rinforzare l'elettromagnete.

Per mezzo degli apparati di Bell e di Meucci il suono non poteva comunque essere trasmesso a grandi distanze. Fu un altro grande inventore, Thomas Alva Edison, a perfezionare il telefono con l'introduzione del microfono. Salvo variazioni insignificanti, l'apparato di Edison è quello in uso ancor oggi. Rapidissimo fu lo sfruttamento commerciale del nuovo ritrovato; alla fine del secolo gli abbonati americani erano già quattro-centomila.

Intanto, dagli studi di alcuni fisici, tra cui Faraday, Maxwell, Hughes e Hertz, era emersa nella seconda metà dell'Ottocento la possibilità di utilizzare le onde elettromagnetiche per trasmettere a distanza, evento che fu realizzato agli albori dell'Unità d'Italia da Guglielmo Marconi⁵.

1.3 - Gli esordi delle telecomunicazioni in Italia

La telegrafia elettrica, nata con esclusivo carattere interurbano, non tardò a diffondersi in tutto il territorio nazionale anche se con impianti, apparati e organizzazioni diverse: apparati Morse nel Lombardo-Veneto, Modena e Parma; apparati Bréguet nel Granducato di Toscana; apparati Wheatstone negli Stati Sardi; nel Regno delle Due Sicilie si scelse imparzialmente il sistema Morse per il versante adriatico e quello Henley per il tirrenico, duplicità, questa, imitata anche nello Stato Pontificio. Ai fini delle comunicazioni interstatali e della relativa regolamentazione, il Lombardo-Veneto (1850), gli Stati Estensi (1851), il Ducato di Parma e Piacenza (1851) aderirono all'Unione Telegrafica Austro-germanica firmata a Dresda il 25 luglio 1850.

Allo stesso fine la Toscana (1852), gli Stati Sardi (1855) e gli Stati Pontifici (1855) stipularono convenzioni con gli Stati Estensi, accettando le regole di servizio dell'Unione, mentre gli Stati Pontifici e il Regno di Napoli avevano stipulato una convenzione già nel 1854 per lo scambio interstatale della corrispondenza telegrafica che aveva la stazione di confine nell'Ufficio di Terracina. Qui vale ricordare che nella convenzione si prevedeva, forse per la prima volta, che l'accettazione dei telegrammi doveva essere subordinata alla constatazione della identità del mittente.

⁵ A. Antinori, *ibidem*.

Dalla tabella allegata può rilevarsi la situazione delle comunicazioni telegrafiche nelle 8 Amministrazioni esistenti (il Regno di Napoli ne aveva due: Napoli e Sicilia) nel territorio che venne poi a costituire tra il 1861 e il 1870 il territorio nazionale.

EREDITÀ TELEGRAFICA DEGLI STATI ITALIANI

Amministrazione Telegrafica Direttori del servizio	Anno di impianto	Sviluppo palificaz. filo		Natura dei pali e conduttori	Isolatori	Pile	Tipo di apparati	n. uffici	Personale	
		Km	Km						delle linee	degli Uffici
TOSCANA (Prof. Carlo Matteucci)	1847/49	873	1540	Castagno / ferro zincato	porcellana	Bunsen Daniell con diafr.	Breguet a quadranti Morse	30	civile, specializzato dei telegrafi	civile, specializzato dei telegrafi
LOMBARDO VENETO (Carlo Zelli)	1850	570	800	Pino non iniettato / rame	vetro	Daniell con diaframma	Morse	11	Dirigenti: commissario e ispettore dei telegrafi Esecutive:cantonieri stradali	civile, specializzato dei telegrafi
STATI ESTENSI (Carlo Rencaglia)	1851/52	316	316	Castagno - Pioppo / rame	vetro	Daniell con diaframma	Morse	8	civile, specializzato dei telegrafi	civile, specializzato dei telegrafi
DUCATO PARMA E PIACENZA (Giuseppe Cattani)	1851/52	200	200	Pino non iniettato / rame	vetro	Daniell con diaframma	Morse	5	Dirigente I ispettore - Esecutivo cantonieri stradali	civile, specializzato dei telegrafi
STATI SARDI (Bartolomeo Bona)	1852	1000	2000	Quercia - Larice / ferro zincato	Grès a campana con uncino	Daniell con diaframma a sabbia	Morse Wheatstone Ad aghi	60	del Genio civile- successivamente personale civile specializzato dei telegrafi	civile, specializzato dei telegrafi
STATI PONTIFICI (Fedele Salvatori)	1853/60	900	1100	Castagno / ferro zincato	porcellana	Daniell con diaframma	Morse Wheatstone Ad aghi	20	civile, specializzato dei telegrafi	civile, specializzato dei telegrafi
NAPOLI (Gennaro Attanasio)	1852	2874	4556	Castagno / ferro zincato	porcellana	Daniell con diaframma	Henley a induzione Morse	86	civile, specializzato dei telegrafi	alle macchine militari - contabilità amm/ne: specializzato dei telegrafi
SICILIA (Ernesto D'Amico)	1857	1100	1500			Daniell senza diaframma				

Successivamente negli Stati Italiani il servizio telegrafico fu unificato con la sostituzione di tutto il

materiale e con la costituzione di una rete ordinata, con linee dirette fra i grandi centri politici e commerciali, ponendo poi questi in comunicazione con le località secondarie; inoltre fu gestito direttamente dallo Stato e tale rimase all'atto dell'unificazione e praticamente vi rimane tuttora.

Con il nuovo Stato la prima organizzazione del servizio telegrafico fu affidata al Ministero dei Lavori Pubblici che vi provvide con la Direzione Generale delle Strade Ferrate dalla quale dipendevano le due branche dei telegrafi e delle ferrovie (R.D. n. 4758 del 11 aprile 1861 col quale veniva anche esteso alle province napoletane e siciliane il primo Regolamento dei telegrafi dello Stato italiano, approvato col R.D. n. 4674 del 7 febbraio 1861).

È di questo periodo la prima costruzione della rete telegrafica che prevedeva le due arterie principali, tirrenica e adriatica, collegate dalle sette trasversali denominate Padana superiore e inferiore, Porrettana (attraverso Porretta), di Col Fiorito, abruzzese (tra Chieti e Popoli), pugliese (Ariano Irpino) e lucana (per Potenza). Per la Sicilia e la Sardegna erano previste reti ispirate a criteri analoghi a quelli adottati per il Continente con il collegamento alla rete continentale mediante cavi sottomarini.

La necessità di unificare materiali, impianti e norme di servizio e di dare al telegrafo la rapida diffusione richiesta dalle crescenti esigenze dello Stato e del pubblico, impose dopo qualche anno l'istituzione di una Direzione Generale dei telegrafi autonoma sempre nell'ambito del Ministero dei Lavori Pubblici, assistita da un Consiglio di Amministrazione, presieduto dallo stesso Direttore Generale e composto da Ispettori Capi e Capi Divisione, avente un proprio Segretario (R.D. n. 2504 del 18 settembre 1865).

L'esigenza del controllo tecnico dei materiali e della preparazione di norme tecniche fu sentita, verosimilmente sin dal principio, ma poté essere soddisfatta in modo organico non prima del 1869 allorché fu creato l'Ufficio Tecnico dei Telegrafi, primo embrione dell'attuale Istituto Superiore P.T.

Un perfezionamento di questa organizzazione si ebbe dopo l'annessione di Roma e provincia col R.D. 11 ottobre 1870 che disponeva l'assetto definitivo della Direzione Generale dei Telegrafi come Amministrazione autonoma.

Durante il primo ventennio dell'Unità, la telegrafia si sviluppò notevolmente, sia con i collegamenti interni fra centro e capoluogo di provincia sia di questi fra loro e con i propri comuni. A tale sviluppo, che rispondeva ovviamente all'esigenza di comunicazioni rapide per motivi economici, politico-sociali e militari, contribuì il carattere peculiare della telegrafia e cioè la documentazione scritta del messaggio; carattere questo che neppure oggi ha perso la sua universale funzione dopo il noto eccezionale sviluppo della telefonia e che, del resto, aveva permesso fin dal 1865 l'introduzione del vaglia telegrafico.

Particolare sviluppo veniva dato anche ai cavi sottomarini la cui costruzione, dopo diversi insuccessi, era stata perfezionata. Furono posati un cavo Continente-Corsica-Sardegna, due cavi nello Stretto di Messina e, nel 1864, il cavo Otranto-Valona (dalla ditta Henley di Londra).

Man mano che i Comuni, ai quali la legge concedeva particolari facilitazioni, richiedevano il telegrafo i nuovi uffici venivano inseriti nella rete «omnibus», senza un piano preordinato. Un migliore assetto fu

dato con una legge del 1885 che prevedeva il necessario finanziamento e disponeva che gli uffici principali coincidessero con il capoluogo di provincia o con i centri di maggiore importanza commerciale o industriale. Quella legge dispose pure il trasporto delle linee dalle strade ordinarie alle strade ferrate sia per il tracciato più regolare di queste, sia per la maggiore sicurezza, sia infine per la più agevole manutenzione. Allora furono introdotte le coppie di pali per linee a molti fili e pali di sezionamento per l'esecuzione delle prove. Veniva pure esteso l'uso del cordone per galleria costituito da conduttore di rame rivestito da guttaperca e quindi di piombo.

Durante il periodo dal 1861 al 1881 furono fatti notevoli progressi negli apparati, intesi tutti ad aumentare la velocità di trasmissione poiché quella ottenibile con l'apparato Morse (700 parole per ora), generalmente impiegato, era troppo modesta.

Così, nel 1865 veniva introdotto, per i circuiti a più grande traffico, l'apparato Hughes che era una stampante a tastiera presentato in America 10 anni prima (1450 parole/ora) e che sarà impiegato nella rete italiana per lungo tempo.

Lo sviluppo del telegrafo raggiunto in questo primo ventennio può sintetizzarsi nel raffronto che risulta dal quadro seguente:

SVILUPPO DEL SERVIZIO TELEGRAFICO

	1861	1871	1881
Sviluppo linee Km	7.883	16.681	26.880
Sviluppo filo	12.012	59.940	89.150
Cavi sottomarini	—	178	175
Uffici telegrafici n.	248	683	1.635
Macchine telegrafiche n.	600	1.159	2.638
Telegrammi n.	1.083.988 (dato incerto)	3.159.662	7.065.309
Lavoro degli uffici			
Telegrammi n.	2.766.154	12.314.854	27.673.496
Introiti L.	1.729.347	5.215.967	9.238.163
Spese L.	4.567.027	5.124.004	8.275.566
Popolazione	21.777.234	26.793.145	28.524.999

Nel corso del primo ventennio di Unità nazionale, si può quindi dire che le telecomunicazioni si erano praticamente identificate con il telegrafo e a questo mezzo era stata necessariamente adeguata l'organizzazione statale del servizio, ma ben presto si aprirono nuove interessanti prospettive nel campo della telefonia.

Nell'anno 1877, presso la caserma dei vigili del fuoco di palazzo Marino, a Milano, iniziavano i primi esperimenti di comunicazione con il telefono. La prima telefonata interurbana⁶ avvenne nel 1878, su filo telegrafico di ferro e con semplici telefoni Bell, senza microfono e pila, fra il palazzo del Quirinale a

⁶ Il primo collegamento sperimentale sembra sia stato quello attuato il 12 febbraio 1877 fra Essex e Boston.

Roma, allora residenza del re, e l'Ufficio Telegrafico di Tivoli⁷ non per servizio pubblico, ma in ausilio all'esistente comunicazione telegrafica a Morse⁸.

Ben presto l'italiano Guglielmo Marconi, in seguito alla scoperta delle onde elettromagnetiche, diede vita alla radiotelegrafia. La trasmissione a lunga distanza delle onde radio si basa sul lavoro teorico di James Clerk Maxwell, che formulò una relazione matematica tra il campo elettrico e quello magnetico. In sostanza, la teoria di Maxwell spiega come da un campo elettrico variabile se ne generi uno magnetico (e viceversa): nella relazione il campo magnetico ha due componenti: la prima, chiamata induzione, si riduce molto velocemente secondo il quadrato della distanza dall'emittente; la seconda, chiamata radiazione, diminuisce in modo proporzionale con la sola distanza. Quest'ultima fu oggetto dell'attenzione di Marconi, che utilizzando oscillatori (apparecchi in grado di produrre, passando per un campo elettrico, un'onda magnetica sinusoidale) di sufficiente potenza ed antenne adatte, riuscì a trasmettere segnali radio a distanze immensamente maggiori di quelle raggiunte dai ricercatori che prima di lui si erano basati solamente sulla prima componente del campo magnetico. Ad appena ventun'anni, egli approntò un laboratorio nella propria villa presso Bologna e costruì rudimentali apparecchi in grado di trasmettere e ricevere onde herziane. Nel settembre 1895 compì il primo esperimento, modesto ma fondamentale: dal trasmettitore, posato sul davanzale di una finestra, i segnali raggiunsero il ricevitore piazzato in fondo al giardino. Non erano che cento metri, ma per la prima volta un segnale, i tre puntini della lettera S nell'alfabeto Morse, aveva attraversato l'etere. Il passo successivo e più importante fu di accertare se la trasmissione poteva effettuarsi anche fra due punti separati da un ostacolo. Il ricevitore fu posto al di là di una collina, a tre chilometri di distanza; il colono dei Marconi, Mignani, doveva sparare un colpo di fucile appena inteso il segnale. Quella fucilata segnò la nascita della radio. Pochi mesi dopo Marconi si trasferiva a Londra, dove i parenti della madre, inglese, gli procurarono appoggi e finanziamenti. Il 2 giugno 1896 brevettava il suo «telegrafo senza fili», e nel mese successivo compiva il primo esperimento ufficiale, collegando la terrazza del British Post Office di Londra con Salisbury, distante dieci chilometri. Ormai non si trattava che di perfezionare l'invenzione, rendendo sempre più sicuri e potenti trasmettitori e ricevitori.

La radiotelegrafia venne dapprima impiegata soprattutto per i collegamenti con i piroscafi in navigazione; il 3 marzo 1899 essa consentì di salvare i naufraghi di una nave sopraffatta da una tempesta. Intanto Marconi, costituita una Compagnia propria, la «Wireless Telegraph and Signal Co Ltd.», effettuava l'installazione di numerose stazioni radiotelegrafiche sui battello-faro e sui fari delle coste inglesi, passando dalla portata di alcune decine ad alcune centinaia di chilometri. Ulteriori

⁷ Il re ascoltò al telefono una marcia reale, una romanza eseguita da un tenore, una sonata per violino e una poesia del Prati: non era ancora chiaro infatti a cosa potesse servire il telefono, se fosse cioè uno strumento di intrattenimento o, invece, di comunicazione interpersonale.

⁸ Il primo apparecchio telefonico costruito in Italia fu fabbricato a Milano nel 1877 sul brevetto Bell, dai fratelli Gerosa, la cui officina fu il primo embrione di quella che doveva divenire l'attuale Face-Standard. Nel 1879 fu istituito un servizio telefonico permanente fra i vari Uffici telegrafici di Roma.

esperienze furono eseguite dal Marconi in Italia⁹ e poi, nel 1901, venne la prima trasmissione transatlantica, smentendo le previsioni negative di molti scienziati. La stazione trasmittente era stata costruita a Poldhu, in Cornovaglia, su una penisola protesa nell'Atlantico. Marconi si recò a Terranova, l'isola del continente americano più vicina all'Europa, e installò la ricevente nella località di St. John. Poldhu doveva trasmettere ogni giorno, per tre ore, la lettera S dell'alfabeto Morse. Malgrado i mezzi ancora rudimentali (l'antenna ricevente consisteva in un filo metallico sostenuto da un aquilone), il 12 dicembre, verso le 12.30, Marconi ricevette, deboli ma distinti, i tre punti della S: per la prima volta le onde elettromagnetiche avevano attraversato l'oceano, con un percorso di tremilacinquecento chilometri. In Italia l'impianto di stazioni radiotelegrafiche ebbe inizio, a cura della Marina Militare, per le comunicazioni terra-bordo, a seguito dei risultati ottenuti dallo stesso Marconi con la sua stazione in una famosa crociera della Corazzata Carlo Alberto effettuata nel 1902¹⁰. Fino alla fine del 1903 furono infatti installate le prime sette, passate a 15 alla fine del 1904, tutte presso le stazioni semaforiche.

La prima decisione dell'Amministrazione civile per l'impianto di una stazione potente di tipo Marconi da aprire al pubblico servizio si ebbe con la legge 5 aprile 1903 n. 127 che autorizzava la relativa spesa di 800.000 lire. La stazione era destinata alle comunicazioni con un'altra da costruirsi contemporaneamente nell'America del Sud, nonché con le stazioni esistenti e con quelle che sarebbero state costruite in seguito. Essa però, per varie difficoltà intervenute, non fu realizzata che nel 1911 su ampio terreno della tenuta reale di Coltano (Pisa) gratuitamente ceduto. Un impianto provvisorio però, permise di comunicare con la stazione canadese di Glace Bay (20 novembre 1910). La nuova stazione, a causa della guerra libica passò alla Marina Militare che la tenne fino al 1923, espletando però anche servizio civile.

Nell'anno 1911 il servizio radiomarittimo veniva regolato da una prima convenzione a cui fece seguito, nell'anno successivo, una regolamentazione internazionale dopo che l'opinione pubblica, già sensibilizzata nel 1909 per il naufragio del Republic¹¹, fu scossa dalla tragedia del «Titanic»¹². La Convenzione internazionale radiotelegrafica e quella per la salvaguardia della vita umana in mare furono infatti stipulate nel giugno 1912 imponendo l'obbligo della radiotelegrafia a bordo delle navi da passeggeri di tonnellaggio superiore ad un certo limite stabilendo le norme tecniche e di esercizio relative. Tra queste l'obbligo dell'ascolto permanente sulla frequenza universale di soccorso (500 Kc/s).

⁹ Chiamato a Roma dal Ministro della Marina Benedetto Brin, Marconi eseguì esperienze negli stessi locali del Ministero (2 luglio 1897, Via della Scrofa) e poco dopo (10-16 luglio) a La Spezia a bordo della Corazzata San Martino, ottenendo la ricezione dei segnali a 18 Km.

¹⁰ Verso la fine dello stesso 1902 (18 settembre) Marconi propone al Ministero della Marina l'impianto in Italia di una stazione R.T. di grande potenza per servizi militari, commerciali e marittimi e s'incontra a Torino anche con l'allora Ministro delle P.T. On. Galimberti per sottoporgli uno schema per un tale impianto.

¹¹ 23-24 gennaio 1909. Il Transatlantico «Republic» della White Star Line e il Piroscalo italiano «Florida» entrarono in collisione presso Sandy Hook vicino New York; ma dal «Republic», prima di affondare, fu possibile lanciare lunghi segnali di soccorso che permisero l'accorrere di navi e il salvataggio di tutte le persone imbarcate (1.600).

¹² 15 aprile 1912. Naufragio del «Titanic» in Atlantico per urto di Iceberg. Il lancio del segnale di soccorso permise alle navi «Carpathia» e «Olimpic» di salvare parte delle persone imbarcate (712 su 2229).

Questa applicazione della radiotelegrafia per la sicurezza della navigazione e per la salvaguardia della vita umana in mare, per i suoi universali riflessi umani, è valsa, più che il premio Nobel conferitogli per la fisica nel 1909, ad immortalare l'opera di Guglielmo Marconi.

Dal 1911 al 1923 la Marina sviluppò la rete di stazioni R.T. sia nel territorio nazionale che in quelli d'oltremare. Negli anni seguenti la radiotelegrafia compì rapidi progressi, col contributo di scienziati e tecnici di molte nazioni, permettendo di attuare un vero servizio. La competenza nel campo telefonico fu riservata al Ministero dei Lavori Pubblici dal quale dipendeva la Direzione Generale dei Telegrafi che, evidentemente, seguiva questi progressi.

Ma mentre il telegrafo era considerato un esercizio a cui doveva provvedere direttamente il Governo, non altrettanto era il servizio telefonico; e ciò non perché si ritenesse che il telefono non rientrasse nel monopolio statale¹³, questione che non fu sollevata in Italia¹⁴, ma perché non era certo se convenisse allo Stato di gestire direttamente il nuovo servizio o se invece non convenisse affidarlo all'industria privata¹⁵. Questa indecisione, come era naturale, non poteva avere conseguenze favorevoli per lo sviluppo del servizio telefonico in Italia e non ne ebbe per lungo tempo.

Molto probabilmente a questa indecisione non fu estranea la circostanza che il nuovo sistema di comunicazione non permetteva, come il telegrafo, la documentazione scritta, con conseguente scarsa fiducia sul suo possibile sviluppo.

Il primo passo per rendere possibile l'istituzione in Italia del servizio telefonico si ebbe con la legge presentata dal Ministro dei Lavori Pubblici On. Baccarini il 27 luglio 1880 che ne autorizzava la concessione all'industria privata, alla quale legge seguì il Decreto dello stesso Ministro in data 1° aprile 1881 che approvava una Concessione alla Compagnia Bell. A quell'epoca era stato già aperto al servizio pubblico urbano il primo ufficio telefonico con Centrale a commutazione manuale nel Connecticut (New Haven, 28.1.1878) con ventuno apparecchi con orario prima limitato e poi permanente. Il Bell, che lo inaugurò, preconizzò con sagacia non minore di quella dimostrata nel campo dei sordomuti, una vasta diffusione del servizio sia urbano che interurbano nonché l'impiego di cavi sottomarini ed aerei.

A Londra, la prima centrale telefonica a commutazione manuale fu installata nel 1879.

Mentre l'indecisione circa l'assetto definitivo da dare al servizio telefonico ne minava lo sviluppo, la tecnica progrediva per l'interesse generale che il nuovo mezzo di comunicazione aveva destinato.

¹³ La legge 23 giugno 1853 n. 1653 era molto esplicita poiché dichiarava monopolio governativo non soltanto il telegrafo propriamente detto, ma qualunque altra combinazione atta a trasmettere segnali.

¹⁴ In Italia, nei primi tempi, furono istituiti collegamenti telefonici da alcuni Comuni per il servizio dei pompieri. Ma vi furono molti privati che se ne costituirono di propri per loro uso, tanto che il Governo fece intervenire i Prefetti per eliminare l'abuso. La questione del monopolio fu sollevata, in Inghilterra, dalle Compagnie contro il Governo. Ma il Tribunale dette ragione al Governo. Da allora in tutti gli Stati ove il telegrafo è monopolio anche il telefono vi è soggetto.

¹⁵ In Inghilterra prima furono date concessioni contro un canone governativo e si formarono diverse Compagnie (ma con risultati assai inferiori a quelli ottenuti negli Stati Uniti, nei quali né il telefono né il telegrafo erano oggetto di monopolio statale). Come l'Inghilterra si regolarono Belgio e Francia ed anche la Svizzera che però costituì anche reti statali. La Germania fu il solo Stato che assunse la gestione diretta che ha sempre mantenuto, coordinando efficacemente telefono e telegrafo tanto che, fin dai primi anni, molti piccoli Uffici telegrafici trasmettevano i telegrammi per telefono.

Nel campo della commutazione, già nel 1886 un contributo italiano alla commutazione automatica era fornito da G. B. Marzi, lo stesso che nel 1881 aveva installato la prima rete telefonica a Roma e che ne aveva diretto l'esercizio per un anno. Egli aveva realizzato nella Biblioteca Vaticana una centralina automatica per dieci abbonati nella quale venivano impiegati gli organi fondamentali utilizzati poi nei moderni sistemi e cioè il trasmettitore d'impulsi ed il selettore.

Ogni abbonato disponeva di una tastiera con dieci tasti e di un trasmettitore ad impulso costituito da un asse con dieci denti sfalsati elicoidalmente che poteva ruotare mediante un sistema ad orologeria.

Il selettore, uno per abbonato, era in Centrale ed era costituito da un banco circolare di contatti, uno per abbonato, e da un braccio rotante collegato ad una delle linee di abbonato e da questo comandato mediante un elettromagnete per la chiamata. Quando l'abbonato chiamante abbassava il tasto, il trasmettitore inviava un numero di impulsi corrispondente all'abbonato richiesto all'elettromagnete che faceva ruotare di altrettanti passi l'asta del selettore del chiamante che si arrestava perciò sul contatto del chiamato. In tal modo la comunicazione era attuata.

In Germania la gestione della telefonia sin dall'inizio fu statale ed in Svizzera lo divenne dal 27 giugno 1899, mentre in Francia ebbe inizio il 16 luglio 1889 con la cessazione dell'attività della Concessionaria Société Générale des Téléphones. In Inghilterra la gestione statale fu decisa nel 1892 e si attuò gradualmente fino al 31 dicembre 1911. In Italia, come si è accennato prima, nel 1865 era stata creata, presso il Ministero dei Lavori Pubblici, la Direzione Generale dei Telegrafi costituita definitivamente in Amministrazione Autonoma nel 1870 ed alla quale fu poi affidato, per affinità, il servizio telefonico che aveva inizio in Italia nel 1881 con carattere sostanzialmente urbano. Nel nuovo Ministero i due sistemi dei telegrafi e dei telefoni furono congiunti fino all'emanazione della legge del 15 luglio 1907, ispirata al criterio di dare ai telefoni, per i quali più era sentita la necessità, un'amministrazione autonoma e nel contempo assicurare l'assistenza di un organo tecnico specializzato che potesse provvedere anche all'istruzione tecnica del personale dei vari servizi. Fu difatti costituito l'Istituto Superiore delle Poste e Telecomunicazioni, con annessa Scuola Superiore P.T.¹⁶, che era destinata alla preparazione dei funzionari direttivi che vi accedevano, salvo altri requisiti, col titolo di scuola media superiore¹⁷.

Il servizio telefonico fu così dato in concessione ai privati: le concessioni accordate furono ben 37 con circa 900 utenti sparsi nella Penisola, che nel 1882 si elevavano a 1.900, numero paragonabile a quello degli abbonati dei Paesi d'Europa più progrediti (Inghilterra 2.900, Francia 2.700, Belgio 2.000, Germania 2.000, Svizzera 800, Austria 400). Lo sviluppo dell'utenza continuò con ritmo sostenuto giacché nel 1883 si contavano 6.500 abbonati alle sole reti delle 5 società più importanti e intorno al

¹⁶ L'istituto occupò a Roma l'attuale edificio di viale Trastevere costruito per l'ufficio tecnico, già a Firenze e che si era trasferito a Roma nel 1894.

¹⁷ Solo in seguito fu resa annuale e divenne di rango universitario, con l'accesso subordinato al possesso della laurea in ingegneria.

1887 se ne avevano complessivamente circa 12.000 con 72 concessionarie. A rendere difficile lo sviluppo della telefonia dopo il 1887, e per lungo tempo, concorsero diverse cause. Da una parte il progresso tecnico non fu tale da permettere soluzioni tanto economiche da estendere capillarmente il servizio come fu possibile più tardi, dall'altra parte la legislazione sui telefoni non fu felice perché impose condizioni tali da scoraggiare i concessionari a mantenere sempre in efficienza e ammodernati i loro impianti, mancando loro garanzie circa una durata delle concessioni adeguata agli oneri e la salvaguardia dei loro legittimi interessi alla fine della concessione¹⁸. A nulla servì la decisione del 1903 che portava la durata delle concessioni a venticinque anni con la facoltà, da parte dello Stato, di riscatto non prima dei dodici anni, periodo questo stabilito dalla legge 7 aprile 1892, prima legge organica dei telefoni, che, se diede una certa stabilità alle concessioni, mancò di conferire esplicitamente al Governo, come necessario, la facoltà di costruire ed esercitare direttamente sia le reti urbane sia le linee interurbane. In conseguenza a ciò l'Amministrazione — fino al 1903 — non aveva avuto modo di provvedere né a reti urbane, né all'impianto e all'esercizio di un numero adeguato di linee interurbane e neppure al coordinamento tecnico e di esercizio tra le reti dei concessionari e tra queste e gli impianti statali esistenti.

Un'idea della deficienza del servizio telefonico urbano in Italia, a fronte degli altri paesi, si può avere dalla tabella riferita al 1903.

PAESI	abitanti per telefono	PAESI	abitanti per telefono
1. - Norvegia	70,2	8. - Belgio	429,7
2. - Svezia	70,6	9. - Francia	690,6
3. - Svizzera	75,1	10. - Austria	805,5
4. - Danimarca	32,5	11. - Ungheria	1.215,2
5. - Inghilterra	214,0	12. - Spagna	1.465,4
6. - Germania	216,8	13. - Italia	2.243,3
7. - Olanda	345,1		

Non migliore era la situazione delle linee interurbane giacché l'Italia ne disponeva nello stesso 1903 per 1.324 Km di cui 3 per 225 Km statali e 34 per 1.099 Km sociali, contro i 189.000 Km di linee della Germania e i 53.000 del Belgio.

Questa situazione si palesò alla fine della prima guerra mondiale in tutta la sua portata e gravità per il mancato sviluppo del servizio telefonico a fronte di quello avutosi in altri Paesi e delle esigenze che si andavano manifestando per le relazioni interne e internazionali. Da ciò, e per l'ingente spesa necessaria per la sistemazione degli impianti, nel 1923 fu decisa la cessione dei telefoni all'industria privata, lasciando allo Stato la rete a grande distanza.

¹⁸ Dapprima le concessioni furono accordate per la durata di un triennio, essendo prevista la cessione degli impianti allo Stato senza compenso allo scadere delle Concessioni.

Subito dopo la prima guerra mondiale nasceva anche la radiodiffusione: la prima stazione radio, la KDKA, iniziò a trasmettere notiziari e musica grammofonica nel 1920 a Pittsburg, negli Stati Uniti e nello stesso anno in Inghilterra la Compagnia Marconi creava una propria trasmissione sperimentale: nel 1922 venne fondata la BBC. Contemporaneamente si iniziavano le trasmissioni anche in Francia e in Italia, dove Radioaraldo emetteva da Roma programmi musicali e informazioni, grazie all'entrata in funzione di una stazione (6 ottobre 1924) installata in via S. Filippo, costituita da un trasmettitore Marconi da 1,5 kW. A questo impianto seguì quello di Milano nel 1925 con un trasmettitore di costruzione Western Electric della potenza di 1,2 kW.

Ovunque la diffusione della radio fu un enorme successo a tal punto che, nel 1924, le stazioni radio americane erano già duecentododici e solo negli Stati Uniti furono venduti due milioni di apparecchi riceventi.

La valvola termoionica, o triodo, inventata nel 1906 da Lee De Forest, e che fungeva da amplificatore, veniva ormai largamente impiegata sia in trasmissione, sia in ricezione accelerando fortemente il processo di sviluppo non solo dell'importante servizio di radiodiffusione, ma di tutte le telecomunicazioni, difatti essa permise la sostituzione dei costosi impianti ad onda lunga con altri ad onda corta che permettevano il superamento di grandissime distanze con potenze modeste non solo dei segnali telegrafici, ma anche, e per la prima volta, della voce e della musica.

1.4 - Le telecomunicazioni italiane dal 1925 al 1945

Durante la prima guerra mondiale ingegneri e tecnici svolsero un ruolo strategico nel campo delle comunicazioni: loro compito era intercettare le telefonate nemiche e predisporre ogni mezzo per impedire l'intercettazione delle telefonate della propria armata. I risultati ottenuti dai tecnici italiani furono notevoli, nonostante le precauzioni dell'esercito austriaco, consapevole delle intercettazioni. Quanto mai dettagliate furono, infatti, le informazioni intercettate nel corso dei molti mesi di preparazione prima della grande offensiva nemica dell'autunno del 1917 che portò alla disfatta di Caporetto. Di quelle intercettazioni, in quella tragica circostanza, il comando italiano non seppe trarre alcun vantaggio. Fra le clausole comprese nei trattati di pace di Versailles e di Saint Germain vari articoli interessarono direttamente i servizi telegrafici, telefonici e radiotelegrafici. In particolare, per quanto riguarda l'Italia, l'Austria fu costretta a cedere cavi o alcune porzioni di essi che servivano i nuovi territori italiani. Fu previsto anche che l'Italia potesse utilizzare per i bisogni del proprio servizio, e quindi per l'interesse pubblico, qualsiasi brevetto germanico o austriaco.

Nel periodo tra le due guerre si ebbe un rafforzamento dell'industria delle telecomunicazioni in Italia, già da tempo collaudata, che poté vedere così uno sviluppo notevole nella fabbricazione di cavi, delle apparecchiature di linea, delle centrali automatiche urbane ed interurbane, dei tavoli per operatrici, delle

centrali di energia ecc., ed essere in grado di seguire i progressi tecnici (armoniche telegrafiche, impiego di sistemi telefonici a frequenza portante, ecc.) ai fini della loro applicazione nella rete italiana, man mano che venivano affermandosi.

Interessanti prospettive si ebbero sia per il servizio telegrafico internazionale via cavo sottomarino, sia per quello via radio che erano stati affidati alle due società «Italcable» e «Italo Radio», fuse poi nell'unica «Italcable».

Il servizio telefonico, riscattato precedentemente dallo Stato, fu di nuovo dato in concessione ai privati nel 1925 dal governo fascista, suddividendo il territorio nazionale in cinque zone, ciascuna affidata ad un diverso concessionario. Lo Stato si riservava però la gestione delle linee interurbane e internazionali e fondava allo scopo l'Azienda di Stato per i Servizi Telefonici (ASST), dipendente dal Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni, alla quale furono attribuiti anche compiti di sorveglianza e controllo sull'attività delle cinque concessionarie di zona. Le cinque zone erano così distribuite:

1^a zona, Piemonte e Lombardia: STIPEL.

2^a zona, Tre Venezie, Friuli, Zara: TELVE.

3^a zona, Emilia, Marche, Umbria, Abruzzo, Molise: TIMO.

4^a zona, Liguria, Toscana, Lazio, Sardegna: TETI.

5^a zona, Italia meridionale e Sicilia: SET.

Nel 1928, la Stipel depositò il brevetto degli apparecchi Duplex e Multiplex: con il Duplex era possibile collegare alla centrale, con una sola linea, due apparecchi installati nello stesso fabbricato; con il Multiplex si sarebbero potuti collegare da un minimo di quattro a un massimo di dieci apparecchi, sempre utilizzando una stessa linea. Alla base del progetto, c'era la constatazione che nelle abitazioni il tempo medio complessivo impiegato in conversazioni al telefono non superava i 45 minuti al giorno. Il Duplex e il Multiplex furono lanciati come il «telefono per famiglia», perché permettevano una notevole riduzione della tariffa annua di abbonamento. Benché le tariffe telefoniche italiane fossero di gran lunga inferiori a quelle degli altri paesi europei e degli Stati Uniti, il telefono in casa continuava ad essere un lusso. Anche il gettone telefonico fu introdotto, da parte della Stipel, alla fine degli anni Venti. Avrebbe dovuto consentire la fine degli «abusi» da parte dei gestori di locali pubblici, che permettevano alla clientela di fare e ricevere telefonate private; in tal modo s'incentivava l'uso pubblico dei telefoni e l'installazione di quelli domestici.

Nel corso degli anni Novanta, il sistema Duplex che non consentiva l'accesso ai nuovi «servizi supplementari» è stato gradualmente sostituito dal «Simplex». Il gettone, sostituito dalle schede telefoniche negli anni Ottanta, è definitivamente andato in pensione alla fine del 2001.

Nel complesso la rete telefonica statale al 1940 risultava di 3.514 Km di cavo sotterraneo e 29.429 Km di doppiini aerei appoggiati, per la quasi totalità, su palificazione di telegrafi.

Un progresso veramente rilevante era stato raggiunto per il numero di circuiti interurbani passati da 226 a 1.228 e per il traffico che registrava un aumento minore, passando da 5 a circa 12 milioni di unità di conversazione.

Nel campo degli apparati furono attuati vari miglioramenti, ma un vero progresso della telegrafia si ebbe con l'introduzione della teletstampante aritmica che superava la tecnica allora dominante. La manipolazione dell'apparato, analogo a quello di una macchina da scrivere, rendeva possibile, per la prima volta nella storia, una certa estensione del telegrafo in campo privato.

Nell'anno 1935 la «Italo Radio» collegava in radiotelegrafia e in radiotelefonica l'Italia con vari paesi europei ed extraeuropei.

In base all'esperienza acquisita nel campo delle onde corte e alla conseguente evoluzione del servizio con e tra le navi, fu riconosciuta l'opportunità di dare al servizio radiomarittimo un'organizzazione autonoma. Con questo intento, nel 1929, l'amministrazione riassunse il centro di Coltano prevedendo di accentrarvi tutto il servizio ad onde medie e corte in modo da assicurare le comunicazioni radiotelegrafiche e radiotelefoniche con le navi mercantili in navigazione in tutti i mari del mondo. Inoltre come era già avvenuto nel 1925 per la telefonia, nel 1927 veniva dato un assetto organico alla radiodiffusione. Dalla fusione delle due società «SIRAC» e «Radioaraldo», costituite nel 1923, sorse un anno dopo la concessionaria U.R.I., che al fine di assicurare all'attività radiofonica la collaborazione finanziaria di vari gruppi, venne assorbita nel 1927 da una società anonima, denominata «Ente Italiano Audizioni Radiofoniche» (E.I.A.R.) alla quale il governo ritenne di affidare in concessione esclusiva, per 25 anni, il servizio delle radiodiffusioni circolari con la convenzione del 15 dicembre 1927. Tale società nel dopoguerra diede poi vita alla Rai, azienda prima solo radiofonica e successivamente anche televisiva.

Con l'aumento del numero degli impianti nei vari paesi europei si ritenne necessaria la collaborazione fra tutti gli enti radiofonici del continente al fine di disciplinare l'impiego delle onde per la radiodiffusione, e quindi si iniziarono studi per una ripartizione delle bande che furono affrontati durante la conferenza internazionale della radio (Washington, 1927) e che portò alla fondazione del Comitato Consultivo Internazionale della Radio (C.C.I.R.). Ad un accordo si pervenne solo nel 1933, con l'approvazione del cosiddetto piano di Lucerna che, al fine di soddisfare nel miglior modo tutte le esigenze, (oltre a fissare norme tecniche circa la potenza, la tolleranza di frequenza, ecc.) stabilì la ripartizione delle frequenze con il criterio di mantenere un distanziamento opportuno fra canali adiacenti per evitare reciproche interferenze e di attribuire poche frequenze esclusive ai singoli paesi, assegnando le altre a due o più paesi molto lontani tra loro, con l'obbligo di impiegare potenze tali da non disturbarsi reciprocamente (onde condivise).

L'ente concessionario rispose alle aspettative giacché nel 1940, a poco più di 13 anni dalla sua costituzione, la radiodiffusione italiana raggiungeva un livello molto apprezzato sia nel campo tecnico

che in quello dei programmi. L'ente concessionario, che aveva allora duemila dipendenti, assolveva il suo compito con i tre centri di produzione di Torino, Milano e Roma; con una rete di circuiti musicali di alta qualità tra loro e con le 31 stazioni ad onda media della potenza complessiva di oltre 100 kW/antenna che, dal 1938, irradiavano tre programmi diversi con più di quindicimila ore di funzionamento annuo. La collaborazione con gli enti radiofonici degli altri paesi europei era molto attiva, tanto che nel 1939 erano stati scambiati 300 programmi.

Durante tutto questo periodo, la concessionaria non mancò di tenersi al corrente nel campo della televisione. L'idea della trasmissione delle immagini era stata concepita già nell'Ottocento e negli anni Venti si incominciarono ad avere i primi risultati pratici. Il primo ad intravederne la possibilità fu il Corey, nel 1875; egli pensava però a una trasmissione per mezzo di fili, come il telegrafo. Nel 1884 il tedesco Paul Nipkow escogitò un sistema che permetteva l'analisi, ossia la ripresa, la sintesi e la riproduzione di immagini in movimento, servendosi di un dispositivo formato da un disco di scansione, con una serie di forellini disposti a spirale. L'immagine ripresa da una cellula fotoelettrica veniva ricostruita per punti diversamente illuminati mediante una sorgente luminosa di intensità variabile secondo la luminosità dei corrispondenti punti del soggetto. Dopo la scoperta e il perfezionamento della radio, il sistema di Nipkow fu sviluppato attorno al 1925 con numerosi esperimenti: in Germania da August Kalorus, in Inghilterra da John Logie Baird, in Francia da Barthélemy, in America da Jenkins, che riuscì a trasmettere immagini con un disco di Nipkow. Nel 1926 Baird poté trasmettere un volto e nello stesso anno abbiamo le prime prove italiane, per opera dell'ingegner Arturo Castellani. Queste prime, rozze televisioni si basavano su sistemi di tipo meccanico, con trasduttori a cellula fotoelettrica e lampada al neon. Le immagini erano prive di particolari, scarsamente luminose e la difficoltà maggiore era la sincronizzazione dei dischi di Nipkow. Tuttavia, nel 1929-30, sul mercato cominciavano già ad apparire i primi televisori, realizzati da Baird. Negli Stati Uniti si svolgeva intanto una specie di duello tecnologico tra due emigranti russi, Farnsworth e Zworykin. Farnsworth aprì un laboratorio nel 1927 e realizzò poco dopo la prima vera telecamera elettronica; in seguito riuscì a migliorare il video, passando da sessanta a quattrocento linee. Zworykin, assunto come ricercatore dalla Westinghouse, aveva brevettato nel 1923 un dispositivo per la trasmissione delle immagini chiamato «Iconoscope», ma si sentiva piuttosto deluso perché l'azienda non dimostrava eccessivo interesse per le sue sperimentazioni. Fu il direttore della RCA, David Sarnoff, anch'egli di origine russa, a intuire con grande lungimiranza gli sviluppi futuri della televisione. Propose a Zworykin di passare alla RCA, e nel contempo gli suggerì di scoprire a che punto fossero le ricerche del concorrente Farnsworth. Presentatosi come ingegnere della Westinghouse, Zworykin riuscì a introdursi nel laboratorio di Farnsworth e a compiere una vera e propria operazione di spionaggio industriale; mise poi a frutto quanto aveva appreso progettando per la RCA un apparecchio che potesse essere commercializzato.

Nel 1934 scoppiò una battaglia giudiziaria tra la RCA e la Farnsworth Television; Farnsworth, anche se riuscì a vincere, fu sopraffatto dalle spese legali e si convinse a cedere i suoi brevetti alla stessa RCA. Questa compagnia iniziava nel 1938 a mettere in vendita un televisore sufficientemente economico; il 30 aprile 1939 la NBC, sussidiaria della RCA, inaugurava le trasmissioni alla Fiera Mondiale di New York.

In Europa, i primi tentativi televisivi pubblici furono effettuati in Germania nel 1928, dall'Inghilterra nel 1929 e dall'Italia nel 1930. Dopo esperimenti eseguiti fin dal 1928, nel 1937 fu installato a Roma (a monte Mario) il primo trasmettitore TV da 5 kW di costruzione italiana, modulato dallo studio di via Asiago dove si disponeva di telecamere provviste di iconoscopio, ed anche di telecinema, con analisi a 441 linee e 50 immagini al secondo: la ricezione era effettuata con ricevitori provvisti di iconoscopio. Con questo impianto nel 1938 e nel 1939 fu effettuato un servizio sperimentale per qualche ora. Altro impianto TV veniva costruito in Italia, secondo la tecnica americana, ed installato a Milano durante la fiera del 1939; i trasmettitori video e audio furono collocati sulla torre del parco, con risultati analoghi a quelli ottenuti a Roma. Il primo servizio pubblico regolare fu inaugurato in Inghilterra nel 1936. Ma l'era televisiva ebbe inizio veramente solo dopo la seconda guerra mondiale.

1.5 - La ricostruzione degli impianti dopo gli eventi bellici del 1940/45

Cessate nel 1945 le operazioni militari in Italia, l'Amministrazione si prese cura di esaminare la situazione delle telecomunicazioni nazionali al fine di accertarne i danni e provvedere ad un più rapido ripristino dei servizi.

Bombardamenti aerei, operazioni belliche locali, sabotaggi, distruzioni sistematiche ad opera delle truppe germaniche in ritirata e, infine, gli inevitabili furti che sempre accompagnano le situazioni caotiche che seguono alla cessazione delle ostilità, inflissero gravissime perdite alle telecomunicazioni italiane.

Gli impianti statali avevano subito in asportazione di materiale o in totali distruzioni danni rilevanti che furono valutati in 919 milioni. Quanto ai servizi telefonici gestiti dalle società concessionarie, essi patirono distruzioni analoghe a quelle sofferte dai telefoni di Stato, variando territorialmente ed in senso decrescente dal meridione verso il settentrione. Nelle regioni del centro-nord, dove operavano le tre società facenti capo al Gruppo Stet, l'entità delle distruzioni risultò per la Stipel pari al 5%, per la Telve pari al 10% e per la Timo pari al 35% rispetto alla consistenza degli impianti all'inizio della guerra. Il numero di abbonati era sceso complessivamente da 346.733 nel 1942 a 269.772 nel 1945. Nella zona Teti (comprendente Lazio, Toscana, Liguria e Sardegna) gli abbonati si erano ridotti da 208.455 nel 1942 a 163.388 nel 1944. Più disastrosa fu la situazione nell'Italia meridionale, dove la Set già denunciava, all'inizio della guerra, la più bassa densità telefonica tra le cinque concessionarie: 0,50

abbonamenti ogni 100 abitanti. Alla fine del 1943, a seguito dei bombardamenti alleati e delle distruzioni operate dai tedeschi in ritirata, gli abbonati si erano ridotti da 70.000 del 1940 a 25.000. La totale distruzione della centrale della Borsa, a Napoli, che collegava 20.000 numeri, fu il danno più grave verificatosi in Italia in campo telefonico. Le perdite relative agli impianti di radiodiffusione furono notevolissime sia per la distruzione di edifici che di trasmettitori. Ai primi del 1946, delle stazioni radioelettriche dell'Amministrazione erano attive soltanto quelle di Napoli e Genova. L'Istituto Superiore delle Poste e delle Telecomunicazioni fu praticamente privato per qualche tempo di tutte le apparecchiature tecniche e degli apparecchi di misura e scientifici. In effetti al fine di garantire tali materiali dalle possibili offese belliche furono trasportati al nord per essere restituiti dopo qualche tempo con inevitabili danni conseguenti al trasporto effettuato in condizioni difficili. Migliore fortuna toccò all'interessante e preziosa biblioteca scientifica e tecnica dell'Istituto che non fu trasferita, ma le cui opere furono opportunamente disperse e poi tutte recuperate. Ricostituitosi in parte il personale tecnico dopo la liberazione di Roma, l'Istituto contribuì più con la competenza dei funzionari che con i mezzi di cui disponeva che, tra l'altro, furono ben presto tecnicamente superati. Fra le prestazioni fornite dal personale specializzato merita particolare menzione la rimessa in funzione del cavo coassiale sottomarino Continente-Sardegna e il ripristino del casotto di approdo di tali cavi presso Fiumicino del quale erano andate distrutte le delicate apparecchiature ivi installate. Dal 1945 al 1947 si è proceduto alla riparazione delle linee e delle apparecchiature facendo spesso ricorso all'assemblaggio di materiale di diversa origine recuperati nelle varie zone del territorio.

1.6 - Le telecomunicazioni italiane dal 1948 al 1980

Il problema dell'unificazione delle telecomunicazioni, che non era stato mai risolto durante i precedenti sessant'anni sostanzialmente per il grave impegno finanziario che comportava, era stato ripreso dall'Amministrazione dopo la ricostituzione del Ministero delle Poste e Telegrafi con gli studi intesi a dare all'Amministrazione stessa un assetto più aderente alle esigenze dei diversi servizi affidatili - poste, risparmi, conti correnti, telegrafi, telefoni e servizi radioelettrici - caratterizzati da natura e dinamica assai differenti. Studi che avevano portato ad uno schema di provvedimento che prevedeva due aziende autonome distinte di cui una per le telecomunicazioni, che avrebbe assorbito i servizi telefonici affidati all'azienda di Stato, e l'altra per i servizi telegrafici e radioelettrici affidati all'amministrazione Poste e Telegrafi. Fu raggiunto un compromesso che si estrinsecò con l'istituzione dell'attuale Consiglio Superiore Tecnico delle Telecomunicazioni e dell'attuale Ispettorato Generale delle Telecomunicazioni. La stretta collaborazione dei due organi così costituiti con l'Istituto Superiore P.T. dava all'amministrazione, pur consapevole del compromesso, la certezza che le telecomunicazioni potessero avere, finalmente, un'impostazione generale e coordinata per tutti i servizi sia in gestione diretta dello

Stato, sia in concessione, con la migliore utilizzazione delle tecniche più progredite.

Alla fine dell'anno 1947, si ponevano all'Ispettorato Generale delle Telecomunicazioni, che iniziava allora la sua attività, numerosi problemi sia di organizzazione che di ricostruzione, il problema della ricostruzione dell'esistente rete nazionale in cavo e del potenziamento della rete mediante nuovi impianti, nonché il problema dell'ammodernamento della rete telegrafica nazionale. Il programma di sviluppo della rete nazionale prevedeva l'utilizzo di cavi coassiali e ponti radio a microonde da attuarsi in diverse fasi, la prima delle quali interessava in particolar modo il centro nord e la seconda esclusivamente il meridione.

Dopo la scoperta delle onde elettromagnetiche, per merito di Guglielmo Marconi, le telecomunicazioni acquisirono il nuovo mezzo di trasmissioni attraverso lo spazio libero che entrò in competizione con quella attraverso i fili conduttori; competizione che si è ravvivata con l'avvento della valvola termoionica, la cui applicazione nelle sue varie forme, concorse al potenziamento di entrambi, e interessava le apparecchiature sia di trasmissione che di ricezione.

In questo campo si concretizza l'utilizzazione di linee aeree, di cavi aerei, sotterranei, sottomarini con circuiti fisici o ad alta frequenza, a pochi, a molti o a moltissimi canali per telefonia e televisione, di ponti radio a onde corte, ad onde cortissime e a microonde, anche a diffusione iono e troposferica e, più recentemente, di fasci, governabili, di luce coerente (laser). Si può osservare che i vari mezzi hanno man mano trovato l'applicazione più congeniale a ciascuno, venendosi così a costituire un razionale e reciproco completamento, più che un definitivo superamento di qualcuno di essi.

Nel campo delle trasmissioni a filo trovano tuttora impiego, più o meno proficuamente, numerose linee aeree, potenziate o non con alte frequenze, che dall'Unità sono passate da 12.000 a 59.000 chilometri di palificazione, ma che saranno ridotte tanto più presto quanto più sollecitamente sarà risolto il problema della telegrafia minore. Largo impiego trovano i cavi a coppie in tutte le reti urbane e cavi interurbani a bicoppie; si trovano impiegati, infine, i cavi coassiali di tipo normalizzato.

Tutti questi coassiali sono costituiti, secondo la tecnica classica per la quale la trasmissione elettrica è affidata all'anima, da un filo di rame di 2,6 mm di diametro, mentre la resistenza meccanica è affidata alla natura esterna di fili di acciaio di circa 9,5 mm di diametro. Tecnica alla quale è subentrata una nuova che, invece, affida all'anima entrambi le funzioni. A secondo dell'uso, in uno dei tipi posati, il conduttore interno è costituito da una corda di fili di acciaio di alta resistenza avvolti in senso sinistrorso e trafilata, alla quale succede una colonna di fili di acciaio avvolti in senso destrorso che infine è ricoperta da una piattina di rame sottile con giunto longitudinale. Per questi cavi, detti antitorsionali, l'armatura esterna è applicata solo agli approdi e nei bassi fondali.

Risale alla fine degli anni Cinquanta la prima posa di cavi sottomarini coassiali con amplificatori in mare. In precedenza non era stato possibile installare gli amplificatori a valvole sul fondo del mare

ritenendosi troppo bassa la probabilità che essi potessero funzionare stabilmente, con caratteristiche costanti, senza bisogno di continua manutenzione. Grazie alla tecnologia a transistor enormemente più affidabile, e con minori richieste di alimentazione, nel 1958 fu possibile posare il primo cavo sottomarino transatlantico: connetteva Oban (Scozia) con Clarenville (Terranova), per una lunghezza di 1950 miglia nautiche. Ad una distanza di 38 miglia nautiche l'uno dall'altro erano intervallati degli amplificatori a transistor, che servivano i due cavi coassiali. Tale fu l'affidabilità del sistema che il cavo fu abbandonato a 27 anni dall'entrata in servizio, nel 1985, a fronte dei 20 anni di durata previsti. Il primo cavo sottomarino nel Mediterraneo fu quello che collegò Pozzallo, in Sicilia, con Malta nel 1954. Fra il 1969 e il 1970 entrarono in funzione i cavi sottomarini italiani con ripetitori a transistor che collegavano: Agrigento a Tripoli (Libia); Catanzaro a Patrasso (Grecia); Pisa a Barcellona (Spagna); Civitavecchia a Golfo Aranci in Sardegna. Nel 1970 fu realizzato il primo collegamento diretto tra Italia e Nord America attraverso il cavo denominato TA5/MAT1. La lunghezza totale era di oltre 8000 KM e consentiva l'effettuazione di 845 conversazioni telefoniche simultanee. Il cavo fu realizzato da un consorzio internazionale a cui partecipava l'Italcable del gruppo Stet¹⁹.

Nel campo delle trasmissioni attraverso lo spazio libero, i sistemi a filo non possono competere per le comunicazioni con i mezzi mobili né, praticamente, per la diffusione circolare sia di carattere telegrafico, fototelegrafico o televisivo, sia di carattere telefonico e musicale, e ciò anche se c'è qualche applicazione della diffusione di programmi radiofonici agli abbonati al telefono attraverso la rete telefonica. In altri paesi la filodiffusione risponde all'esigenza pratica di permettere buone ricezioni in zone soggette a disturbi eccessivi, ma in Italia costituisce piuttosto un complemento al servizio radiofonico, ancora limitato ad alcune città, perché fornisce due programmi supplementari, di cui uno musicale di alta qualità, permettendo anche la ricezione di trasmissioni stereofoniche, ancora non attuate per via radio. Al successo della filodiffusione faceva ormai da argine la variegata offerta musicale fornita dalle radio private e la migliore qualità degli stessi apparecchi radio e stereofonici. Nella diffusione dei programmi radiofonici trovano perciò impiego un certo numero di stazioni ad onda media a modulazione di ampiezza (M.A.) e numerosissime stazioni ad onda ultra corta a modulazione di frequenza (M.F.).

Questa situazione fu determinata dalla conferenza europea di radiodiffusione tenutasi a Copenaghen nel 1948 e conclusasi con il piano omonimo, che non conservò all'Italia né tutte le onde medie esclusive che aveva ottenuto col piano di Lucerna (1933), né una attribuzione soddisfacente di onde medie non esclusive. Fu perciò necessario far ricorso alle onde ultracorte che se, per la loro ridotta portata pratica, richiedono, rispetto alle onde medie, l'impiego di un numero maggiore di stazioni, sono, in compenso, molto meno sensibili ai disturbi. Poiché le onde ultracorte trovano vasto impiego pure nella televisione

¹⁹ G. Cotone, *Impianti di cavi terrestri per telecomunicazioni*. Roma, 1967.

è stato riconosciuto conveniente installare nella stessa stazione il trasmettitore TV e 3 M.F. per la diffusione dei tre programmi radiofonici. Difficoltà si sono avute per assicurare ovunque la ricezione del primo programma TV (diffuso dalla 1953 e ricevibile, al 31 dicembre 1961, da circa il 98% della popolazione) a causa della portata quasi ottica delle onde ultracorte e della travagliata configurazione orografica del territorio nazionale. Difficoltà maggiori si sono presentate per il secondo programma (diffuso dal 4 novembre 1961 dalle stazioni installate previste nella prima fase di sviluppo) perché richiese necessariamente l'impiego di onde molto più corte che, per avere portata minore di quelle usate per il primo, imponevano l'impianto di un numero di stazioni notevolmente maggiori di quelle del primo programma.

Per le comunicazioni multicanale tra località non in visibilità diretta si è fatto ricorso ai ponti radio ad onde ultracorte o a microonde che ci riportano ai primi esperimenti pionieristici effettuati dal 1936 in poi dal professor Vecchiacchi. Ma i ponti radio più importanti sono quelli a microonde (4.000, 6-7.000 e 11.000 MHz) con stazioni ripetitrici successive in visibilità diretta distanziate di circa 50 Km che permettono la trasmissione di numerosi fasci, ciascuno dei quali può essere utilizzato per 900-960 canali telefonici. Tali ponti radio hanno raggiunto una notevole perfezione e massima sicurezza di funzionamento (connessa peraltro all'alta tecnologia raggiunta nella costruzione dei tubi impiegati quale i klystron e quelli ad onda progressiva e degli altri componenti) e che perciò possono ormai competere onorevolmente, e spesso con vantaggio, con i cavi coassiali, pur potenziati per 2700 canali ogni due tubi.

Le onde corte, per la possibilità di superare grandi distanze a causa della loro riflessione sugli strati ionizzati dell'alta atmosfera e sulla terra, trovano largo impiego per la diffusione dal centro O.C. di Roma dei programmi culturali per l'estero, e non meno vasto l'impiego nelle comunicazioni telegrafiche, fototelegrafiche e telefoniche internazionali affidate alla concessionaria Italcable.

La limitazione dello spettro delle O.C., anche dopo l'adozione di accorgimenti intesi ad utilizzare il maggior numero possibile di canali costituì una difficoltà insormontabile per l'espansione del traffico telefonico fra l'Europa e l'America del Nord che poté essere superata solo nel 1956 dopo la posa del primo cavo coassiale telefonico, «TAT/1», fra l'Inghilterra e il Canada.

Nuove tecniche di cavi sottomarini hanno permesso poi di collegare fra loro tutti i continenti. È questa dopo lunghi anni di studio e severi esperimenti, la prima vittoria conseguita nella tecnica della trasmissione lungo conduttori su quella nello spazio libero che, fra l'altro presentava l'inconveniente di non poter oltrepassare gli oceani, poiché la curvatura del globo non permette la visione diretta di due qualsivoglia punti. In seguito, a ciò pose rimedio una nuova possibilità, invero estranea alle telecomunicazioni, e cioè l'impiego di satelliti artificiali passivi (semplici riflettori) o attivi (provvisi di apparecchi riceventi-trasmittenti ed eventualmente di registratori per la ritrasmissione differita). Questa

possibilità ha aperto la via a nuovi studi e progetti. Tra questi il più interessante è certamente quello che prevede tre satelliti attivi ruotanti su orbita equatoriale in sincronismo con la terra. Si cita qui il primo esperimento effettuato nel 1960 con il satellite passivo «ECO» lanciato su un'orbita inclinata (48 gradi lat.) ellittica iniziale (1.628 Km – 1.856 Km) che percorse in 118 minuti primi.

Fecero seguito altri esperimenti per i quali è stata istituita una collaborazione fra gli Stati Uniti, l'Inghilterra, la Francia, la Germania e l'Italia che vi partecipa a mezzo di una società appositamente costituita dalle concessionarie interessate RAI e Italcable con capitale paritario, che ha previsto di installare una stazione sperimentale nella zona del Fucino che, per la sua orografia, non è soggetta a disturbi. Nel 1965 il satellite Early Bird (altrimenti noto col nome di Intelsat I) supportava 480 canali telefonici. Intelsat era il nome del consorzio internazionale realizzatore del satellite, a cui per l'Italia partecipava la Telespazio della Stet. Il primo satellite costruito totalmente in Italia fu invece il Sirio, lanciato in orbita nell'agosto del 1977.

Nel campo della telefonia, nel dicembre 1957 venne approvato il Piano Regolatore Telefonico Nazionale (Prtn), con cui si delineavano le norme per l'espletamento di tutti i servizi telefonici, urbano e interurbano, internazionale, servizi speciali e accessori. Il territorio nazionale fu suddiviso in 21 compartimenti telefonici, 231 distretti e diversi settori, comprendenti una o più reti urbane. Secondo il Piano Regolatore nel quadriennio 1959-1962 si sarebbero dovuti allacciare 940.000 nuovi abbonati, portando la densità telefonica a 8,5 apparecchi ogni 100 abitanti e potenziando fortemente la teleselezione. Per realizzare il Piano, per il quale erano necessari 2.299 km di circuito di rete urbana e 615.000 di rete interurbana, era preventivata una spesa di 263 miliardi. Il progetto si inserì in una fase di straordinario sviluppo economico del Paese con investimenti ben superiori a quelli preventivati. Alla fine del 1962 l'obiettivo di quasi un milione di nuovi abbonati era stato in gran parte raggiunto; i miliardi investiti erano stati 380, di cui 200 nelle zone del Centro Italia (Teti) e del Sud (Set). Il 29 ottobre 1964 fu ufficialmente annunciata la fusione nella Sip delle cinque concessionarie che per quasi quarant'anni avevano gestito la telefonia in Italia. La Stipel, la Telve e la Timo, nell'Italia settentrionale, la Teti nell'Italia centrale e la Set, nell'Italia meridionale, finirono di esistere come entità autonome. La Sip, che modificò la sua ragione sociale da Società idroelettrica Piemonte in Società Italiana per l'esercizio telefonico, ebbe da quel momento competenza su tutto il territorio nazionale. In quello stesso anno, secondo il piano di nazionalizzazione dell'energia elettrica, la Sip cedette all'Enel le proprie società elettriche, ottenendone proventi reinvestiti nella telefonia. Le azioni della Sip per il 53% appartenevano alla finanziaria Stet, che sempre nel 1964 acquisì il controllo dell'Italcable e di Telespazio, le due società che gestivano le telecomunicazioni intercontinentali e satellitari. Significativo fu nel corso degli anni Sessanta l'aumento del personale, determinato dal continuo sviluppo del servizio. Nel 1961 i dipendenti delle cinque concessionarie, ancora separate, erano in tutto

36.380. Alla vigilia della fusione, cioè a fine 1963, avevano superato la soglia dei quarantamila. Alla fine del decennio i dipendenti Sip erano 51.594. L'avvento della teleselezione aveva comportato una riduzione del personale addetto al traffico interurbano con prenotazione, mentre era notevolmente aumentato il personale addetto alle installazioni e impianti. Complessivamente la crescita dei dipendenti tra il 1961 e il 1970 era stata del 29,5%.

Lo sviluppo degli impianti sociali è stato molto rilevante poiché dal 1947 (e cioè a ricostruzione avvenuta) al 1961 gli abbonati sono aumentati da 688.799 con 931.907 apparecchi a 3.338.576 con 4.235.215 apparecchi, e il servizio è svolto, nell'ambito delle zone di concessione, in gran parte in teleselezione da utente o da operatrice. Suddivisa per regioni, la ripartizione degli abbonati è: Piemonte, 402.643; Val d'Aosta, 5.472; Lombardia, 779.963; Trentino Alto Adige, 43.636; Veneto, 199.430; Friuli Venezia Giulia, 95.737; Liguria, 232.224; Emilia Romagna, 227.068, Toscana, 216.995; Umbria, 31.420; Marche, 54.705; Lazio, 537.389; Abruzzo e Molise, 41.455; Campania, 162.008; Puglia, 71.772; Basilicata, 9.931; Calabria, 30.927; Sicilia, 163.740; Sardegna, 31.596; (San Marino, 645). La densità telefonica media in campo nazionale (apparecchi per 100 abitanti) era di 8,6 alla fine del 1961, con punte assai elevate nelle maggiori città. Le punte massime registrate nella densità telefonica (apparecchi per 100 abitanti) nelle principali città sono:

Piemonte	Torino	30,04	Abruzzo	Pescara	13,97
	Biella	29,46	Liguria	Genova	28,19
Lombardia	Milano	42,20		Sanremo	27,07
	Varese	28,09	Toscana	Firenze	29,67
Veneto	Trieste	25,92	Lazio	Roma	30,24
	Padova	24,33	Sardegna	Cagliari	11,82
Emilia	Bologna	23,75	Campania	Napoli	14,03
Marche	Ancona	22,77	Puglia	Bari	19,94
Umbria	Perugia	26,75	Sicilia	Palermo	13,28

Nel 1970, si raggiunse poi, l'ambizioso obiettivo della teleselezione integrale, mediante la quale oltre 6 milioni di abbonati italiani, compresi quelli che abitavano nelle più piccole località, erano in grado di collegarsi tra loro automaticamente.

Negli anni si fece sempre più impellente la necessità della trasmissione dei dati via linea telefonica imposta dallo sviluppo dei calcolatori, che avevano bisogno di supporti tali da poter smistare le grandi quantità di dati da loro prodotte.

I primi collegamenti furono pensati, attorno alla metà degli anni Cinquanta, per un flusso di 300-600 bit/s. Qualche risultato di rilievo fu ottenuto con l'invio di una portante modulata in modo da trasmettere la sequenza di dati; tuttavia, se le distorsioni della linea erano accettabili quando si trattava di inviare un segnale vocale, nel caso dei dati la cosa non poteva più essere tollerata. Si utilizzarono così

modulazioni particolarmente «robuste», e codifiche di dati tali da determinare l'eventuale presenza di errori.

Negli anni Sessanta si ottenne una buona qualità di trasmissione, ed ebbe buono sviluppo il facsimile, attraverso il quale potevano essere inviate immagini o testi qualsiasi, in modo da ottenerne la stampa anche in un'altra città. Il fax diventò però di uso comune solo negli anni Ottanta.

Il servizio radiomarittimo continuò ad essere espletato dalle stazioni di Napoli e Genova dall'Amministrazione P.T. e da quelle della Marina Militare e dal 1947 pure dalla nuova stazione di Trieste costruita dal Governo Militare Alleato e ceduta all'Amministrazione nel 1955, nel quale anno entrava in esercizio il Centro Radio Nazionale di Roma che sostituisce il distrutto centro di Coltano.

La questione della televisione di cui, come si è detto, si era stabilito anche lo standard, fu affrontata in occasione del rinnovo della concessione del servizio di radiodiffusione. I servizi radiofonico e televisivo furono affidati alla società Radio Audizioni Italia (RAI) con la convenzione del dicembre 1952, nella quale, oltre a fare l'obbligo della maggioranza IRI nel capitale azionario, furono stabiliti programmi di sviluppo sia della radiodiffusione sia della TV. A questa convenzione seguirono atti aggiunti, sia per l'estensione della convenzione al territorio di Trieste (1955), sia per l'acceleramento della costruzione e del completamento degli impianti di televisione (1956), sia per l'emissione di un secondo programma TV (1959) e sia infine per l'adozione del sistema europeo di televisione a colori.

Le telecomunicazioni nazionali, comprese la radio e la televisione, furono impegnate nel 1960 per l'organizzazione dei servizi nazionali ed internazionali relativi ai Giochi Olimpici ed ai servizi stampa. Si trattò di un'impresa di grande impegno per l'entità dei mezzi tecnici impiegati e per l'organizzazione dei servizi che impose una spesa di oltre 4 miliardi per impianti fissi e mobili, non tutti recuperabili. L'impegno era tanto più preoccupante in quanto il mondo intero, e in particolare i tecnici delle telecomunicazioni, erano in attesa di constatare se l'Italia fosse o non in grado di assicurare le comunicazioni mondiali telegrafiche, fototelegrafiche, telefoniche, radio e televisive, con efficienza che era da attendersi dallo sviluppo del sistema di telecomunicazioni realizzato dopo la guerra. I generali riconoscimenti da parte degli enti organizzatori, della stampa mondiale e del pubblico di ogni paese dimostrarono all'evidenza che i servizi avevano risposto appieno alle aspettative.

Il 1975 fu una data importante nella storia della radio e della televisione in Italia perché decretò la fine del monopolio Rai. Negli anni successivi, l'esplosione delle tv commerciali, la moltiplicazione dei canali, la presenza costante della pubblicità, il condizionamento dell'audience, furono fra le tante caratteristiche di quella che gli studiosi vennero definendo come «neotelevisione»²⁰.

²⁰ Caratteristica principale della neotelevisione era, secondo Umberto Eco, il fatto che sempre meno parlasse del mondo esterno e sempre più parlasse di se stessa e del contatto che andava stabilendo con il proprio pubblico. «Non importa cosa

In conclusione, la rete nazionale nella sua totalità dovette adeguarsi alle necessità dell'interconnessione, sempre più efficiente, con le reti europee, ma anche con quelle mondiali; interconnessione, quest'ultima, che impose, tra l'altro, la revisione dei criteri di progettazione delle reti a causa delle distanze superiori ai 2.500 Km e ai 6.400 Km stabilite rispettivamente, in Europa e in America, come massimi per le comunicazioni telefoniche in cavi coassiali e in ponti radio.

L'Italia per la sua posizione geografica, ma specialmente per l'efficienza della sua rete, in continuo sviluppo, può aspirare legittimamente a costituire un centro di transito delle comunicazioni intercontinentali per alcuni paesi confinanti e costieri del Mediterraneo, essendo collegata, da una parte, direttamente, con coassiali o con ponti radio multicanali alla Svizzera, Austria, ex Jugoslavia, Grecia, Turchia, Tunisia e con radiocollegamenti ad onde corte, della Italcable ad Israele, Libano, Egitto; e, dall'altra, direttamente con tutti gli altri paesi del mondo, attraverso circuiti statali o Italcable, via cavi terrestri o sottomarini, via radio ed onde corte o, infine, a mezzo di satelliti artificiali²¹.

1.7 - Le nuove frontiere delle telecomunicazioni ai nostri giorni

A partire dalla metà degli anni Settanta si sono moltiplicate le proposte sul nome da assegnare al mondo attuale. Fra le definizioni più diffuse, oltre a «società post-industriale», vi è quella di «società dell'informazione». Oggi le reti di telecomunicazioni sono indispensabili per distribuire l'informazione ed hanno un'inedita centralità nel dibattito politico e legislativo, nel settore economico e nella percezione dell'opinione pubblica.

In Europa l'avvio dei processi di liberalizzazione e di privatizzazione del settore è stato fra le novità più significative di fine secolo. Sul mercato è stata ampia l'offerta di nuovi prodotti negli ultimi due decenni. Alcuni, come il fax o la segreteria telefonica, sono entrati nelle abitudini di molti, ma il telefono cellulare e Internet hanno incontrato un successo che nessuno aveva in alcun modo previsto.

Anche se nel 1966 la Xerox presentò il primo fax commerciale, e cioè una macchina in grado di mandare facsimili di un documento cartaceo tramite una linea telefonica, i fax cominciarono a diffondersi, con grande rapidità, solo nella seconda metà degli anni Ottanta, a partire dal Giappone, dominatore allora del mercato dell'elettronica per prodotti di massa fabbricati da aziende come Sharp, Canon, Toshiba, ecc. Per gli uomini d'affari i tempi di spedizione erano imbattibili, giacché in venti secondi era possibile inviare una lettera di una pagina in qualunque angolo del mondo, purché provvisto

dica o di che cosa parli (anche perché il pubblico con il telecomando decide quando lasciarla parlare e quando passare su un altro canale). Essa per sopravvivere a questo potere di commutazione, cerca di trattenere lo spettatore dicendogli: io sono qui, io sono io, e io sono te». La massima notizia che la neo-tv fornisce, sia che si parli di missili o di Stanlio che fa cadere un armadio, è questa: «ti annuncio, caso mirabile, che tu mi stai vedendo; se non ci credi, prova, fai questo numero e chiamami, io ti risponderò».

²¹ A. Antinori, *ibidem*.

di un apparecchio collegato alla rete telefonica; i costi di trasmissione erano poi molto più economici rispetto a qualsiasi altra forma di trasmissione. Il fax, presentato in Italia nel 1974, alla V mostra della Stampa e dell' Informazione di Roma, nel 1982 contava non più di 5 mila utenti.

Secondo dati Telecom Italia i fax erano 25.000 nel 1986, ma già 104.000 nel 1987 e poi, in rapidissima progressione, 268.000 nel 1988, 480.000 l'anno successivo, fino a superare il milione nel 1992.

Possedere, poi, una segreteria telefonica capace di registrare le telefonate in arrivo era diventato importante soprattutto da quando la casa era sempre più vuota, in corrispondenza con la diminuzione del numero dei componenti della famiglia.

Eletto fin dalla sua comparsa fra i prodotti più rappresentativi dei nuovi stili di vita degli italiani, il telefono mobile conobbe nel nostro Paese una fortuna imparagonabile al confronto con altri grandi paesi europei²². Alla fine del 1991, con 560.000 abbonati, più che raddoppiati rispetto all'anno precedente, l'Italia vantava il più alto tasso di crescita in Europa. Al primo gennaio 1994, la Sip, con 1.200.000 abbonati, era il primo gestore di telefonia mobile in Europa. Nel 1998, secondo dati diffusi dall'agenzia Ansa, l'Italia si piazzava ai confini della «top ten» del mondo per consumo di telefonini, dopo il nord Europa, le «tigri Asiatiche», l'Australia e quasi agli stessi livelli degli Stati Uniti.

I più giovani hanno rivoluzionato l'uso del cellulare introducendo nuove forme di comunicazione e nuove mode. Sono i ragazzi che hanno lanciato la moda di sempre nuove musicchette da sostituire a più standardizzate suonerie, ma soprattutto hanno affermato il cellulare come un nuovo vettore per la comunicazione scritta attraverso l'uso degli SMS (Short Message Service). Nel mondo si calcola che nel primo trimestre del 2002 sono stati scambiati 75 miliardi di SMS. Solo in Italia, nello stesso anno, sono stati trasmessi in media 2 miliardi di SMS al mese, registrando veri e propri picchi nella trasmissione durante le festività, soprattutto tra la vigilia e il giorno di Natale²³.

I messaggini sembrano dunque avere sostituito la tradizionale cartolina augurale, da tempo in disuso. Nuove «cartoline» stanno adesso entrando nelle abitudini di tanti italiani con gli MMS (Multimedia Messaging Service), l'ultima generazione di messaggi multimediali, che accanto e più delle parole lasciano spazio alle immagini.

La prima rete mondiale con tecnologia cellulare fu realizzata nel 1979 in Giappone, mentre in Italia fu attivata nel 1990 dalla Sip la prima rete a 900 Mhz, che collegava le città collocate lungo gli assi autostradali Torino-Venezia e Milano-Napoli. Il mese successivo la rete Tacs fu attivata in tutte le città che avrebbero ospitato i mondiali di calcio, un avvenimento che fece da trampolino di lancio per il

²² «Chiamano la mamma tre volte al giorno, si sdilinquiscono con la fidanzata, comunicano la propria posizione ad amici e parenti ogni volta che superano un incrocio». Così, non senza ironia, il «New York Times» del 5 agosto 1999, cercava di spiegare la «smodata passione» per il cellulare degli italiani, innamorati a tal punto dello strumento da chiamarlo affettuosamente «telefonino». Secondo autorevoli sociologi e semiologi, proseguiva l'articolo, il cellulare era in Italia l'estensione tecnologica di una naturale propensione alla comunicazione. In Germania, Inghilterra e negli stessi Stati Uniti se ne faceva un uso molto più limitato semplicemente perché gli utenti "non sapevano chi chiamare".

²³ E. Lensi, *L'importanza delle telecomunicazioni nella vita moderna*. Roma: amm.ne P.T. 1962.

nuovo mezzo. Mentre la Sip proseguiva nel progetto di estensione della rete nazionale, confortata dal numero degli abbonati che cresceva al di là delle previsioni, Olivetti in quello stesso anno costituì una nuova società, denominata Omnitel-Sistemi radiocellulari italiani, in vista della liberalizzazione del mercato in attuazione delle norme Cee. Omnitel sarebbe diventato nel 1994 il secondo gestore Gsm in Italia, operativo dal dicembre 1995.

In realtà l'ETACS (Extended Total Access Communication System), immediata evoluzione del TACS, era un sistema analogico, adottato in Italia, Austria e Gran Bretagna, che operava sulla banda dei 900 Mhz e richiedeva un basso dislocamento di BTS (Base Transceiver Station, l'apparato di ricezione e trasmissione radio che fornisce il canale di comunicazione al telefonino) sul territorio, e tuttavia il segnale radio analogico attraversava tutti i corpi sulla linea di trasmissione in maniera tale da garantire una buona copertura anche all'interno degli edifici. Nel 1991 apparve il sistema GSM (la sigla GSM sta per Global System for Mobile Communications, anche se inizialmente essa era l'acronimo di Groupe de travail Spéciale pour les services Mobiles), che tuttora è ancora il sistema ampiamente più diffuso in Europa. Il GSM consente di muoversi tra gli Stati del continente europeo senza bisogno di cambiare il proprio numero di telefono, a differenza del sistema ETACS. L'operazione attraverso la quale il telefono, con la propria scheda inizializzata da un gestore, si «aggancia» alla rete di un altro operatore è detta roaming. Il roaming è possibile su qualsiasi rete cellulare GSM, purché vi siano gli accordi fra i gestori e si disponga di un terminale adatto alla frequenza che si andrà ad utilizzare. Il GSM è basato sulla rete a commutazione di circuiti di tipo digitale. Concepito inizialmente per il trasporto della sola voce, non è adatto ai dati: la velocità di trasmissione è infatti limitata a 9.6 Kbit/s. Il GSM usa la modulazione della portante radio di tipo binario GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Il sistema GSM, che inizialmente operava unicamente sulla banda dei 900Mhz, è stato successivamente implementato dal GSM/DCS 1800Mhz. In America invece si utilizza la frequenza GSM 1900 Mhz.

L'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) è la terza generazione di telefoni mobili prevista in Europa, e implementata su di una rete «a pacchetti». Su di essa si basano le nuove tipologie di telefonia cellulare multimediale, in grado di trasferire anche immagini e suoni molto complessi. Attualmente in Italia diversi operatori mettono a disposizione questa tecnologia, operante sulla banda di estremi 1900 e 2200 MHz, che è diventata gradualmente operativa a partire dal 2002. La prospettiva dell'UMTS è quella di raggiungere prestazioni paragonabili a quelle dei cavi terrestri e quindi di consentire il trasferimento di immagini in movimento e suoni ad alta fedeltà. Il limite effettivo è la disponibilità finita di canali radio. In ogni modo, l'UMTS dovrebbe realisticamente permettere di navigare in Internet a velocità anche venti volte maggiori rispetto a quelle della rete GSM e cinque volte maggiori rispetto a quelle della rete fissa.

Proprio la rete fissa, nata e immaginata per il passaggio della «voce», viene sempre più usata per i «dati», bit digitalizzati che trasportano informazioni, dati, immagini, video, musica ad alta fedeltà ed altro

ancora. Ciò è stato possibile anche grazie all'utilizzo della banda larga, sia tramite ADSL (tecnologia abilitante, ossia in grado di ampliare la capacità di trasporto dello stesso doppino in rame della rete fissa) che a mezzo di fibre ottiche la cui ideazione si deve nel 1960 all'americano Mainman, e la pratica trasmissione a mezzo di esse nasce con gli studi attuati dalla Corning Glass Work americana, dalla Nippon Sheet Glass giapponese e dal SPL inglese, agli inizi degli anni '70. Sostanzialmente, il principio sfruttato dalle fibre ottiche è quello della riflessione di un fascio di luce opportunamente concentrato e potente, generato da un laser oppure un led (light emitted diode), all'interno di un mezzo come il quarzo, ottenuto per sintesi dai suoi componenti base, «filato» come una fibra tessile e contenuto in appositi tubi di plastica. Successivamente, grazie al miglioramento delle tecniche di produzione, di inserzione dei cosiddetti «drogaggi» (quantità precise di materiali all'interno della struttura del quarzo immesse al fine di migliorare certe caratteristiche delle fibre) e di giunzione tra gli elementi, fu possibile ridurre di 80 volte l'attenuazione del segnale trasmesso nelle fibre ottiche. In Italia, le ricerche più importanti in questa direzione furono condotte dallo CSELT (Centro Studi Laboratorio e Telecomunicazioni) che sperimentò le fibre ottiche per la prima volta in Italia collegando, nel 1976, due siti nella città di Torino. Le fibre ottiche sembrano tutt'oggi essere il mezzo più favorevole per la trasmissione di informazioni di qualsiasi tipo. Diverse sono le caratteristiche che le rendono competitive rispetto agli altri supporti, siano essi materiali come i fili in rame, siano più «aerei» come i ponti radio. Anzitutto, le fibre ottiche sono più affidabili per la trasmissione poiché non risentono di scariche elettriche atmosferiche, variazioni di campo elettromagnetico di altro tipo e perturbazioni episodiche in genere. La bassa attenuazione del segnale rende inutile l'installazione di elementi che, come gli amplificatori, rialzino la qualità del segnale una volta che questo abbia percorso una certa distanza. Ciò significa minor costo di installazione, anche dovuto alle poche giunzioni per le lunghe pezzature (oggi sino alla decina di chilometri) delle fibre. Da non trascurare, infine, il ridotto peso e le ridotte dimensioni dei cavi a fibra ottica rispetto ai tradizionali cavi in rame e l'assenza di diafonia. Nel 1988 entrò in funzione il TAT 8, primo cavo transatlantico in fibra ottica. Esso unisce Stati Uniti con Gran Bretagna e Francia, e supporta 7.500 canali telefonici. La qualità della trasmissione è talmente alta che il segnale va «rinfrescato» attraverso stazioni di rigenerazione (una sorta di amplificatori, di tipo ottico) poste a distanze di addirittura 60 km, a fronte dei 3-4 chilometri per i cavi coassiali terrestri, e dei 10 chilometri per i migliori cavi sottomarini costituiti da fili di tipo ordinario (rame o altro metallo). Ciò porta a un abbassamento dei costi di installazione e di manutenzione, a fronte di altissime potenzialità di trasmissione. In Italia, nel giugno 2000, la prima città interamente cablata con fibre ottiche fu Siena, grazie ad un accordo fra Telecom Italia e la municipalità. Alla fine del 2001 in Italia erano già stati posati oltre 5 milioni di chilometri di fibra ottica.

Conseguentemente a questa evoluzione tecnologica della rete fissa, sommata a tutte le altre avute nel

campo del hardware informatico, si è potuto realizzare la diffusione di reti che consentono la trasmissione di flussi informativi di vario tipo. Internet costituisce oggi il veicolo preferenziale per la trasmissione di questi «pacchetti» informativi, a cui l'utente può accedere grazie a terminali di tipo multimediale. Essa, appunto, è una rete di computer composta da reti di tipo LAN (Local Area Network) come ad esempio le reti aziendali, e WAN (Wide Area Network) ossia reti territoriali di maggiore estensione.

Internet, o più precisamente la sua antenata Arpanet, era stata ideata in America, nel 1969, come mezzo di scambio di dati fra centri di ricerca scientifica in piena guerra fredda, rispondendo alla paura nucleare e all'esigenza di conservare le informazioni in luoghi diversi, facilmente e immediatamente accessibili. All'interno di alcuni centri di ricerca europei e di università americane si sono sviluppati quei protocolli di trasferimento dei dati che, rendendo Internet adattabile a qualsiasi tipo di piattaforma, contribuirono a rendere tale mezzo universalmente diffuso. Le prime definizioni univoche dei protocolli di trasferimento furono compiute tra il 1973 e il 1974 e approdarono alla definizione del protocollo TCP/IP, o più semplicemente IP (Internet Protocol). Tale protocollo, vera «spina dorsale» di Internet, consente un accesso ai dati da tutti i computer collegati alla Rete.

Nel 1991 presso il CERN di Ginevra fu realizzato il World Wide Web (letteralmente «ragnatela di estensione mondiale»). Il www è un servizio ipertestuale grafico nell'ambito Internet che, oltre al TCP/IP, utilizza il protocollo HTTP (letteralmente HyperText Transfer Protocol, protocollo per il trasferimento di dati) per caricare risorse da un server. La caratteristica delle pagine su World Wide Web è di contenere collegamenti ipertestuali, sorta di rimandi ad altre pagine, a documenti e a file. L'utilizzo di altri protocolli e, in particolare del linguaggio HTML (HyperText Mark-Up Language, linguaggio di programmazione per la costruzione di pagine web), permette la visualizzazione di immagini, filmati e suoni. Nel 1993, inoltre, apparve il programma Mosaic, primo strumento grafico di esplorazione delle pagine di Internet. In quegli anni Internet, non più confinata in ambienti strettamente scientifici, cominciò a diffondersi in senso commerciale, consentendo così il suo utilizzo a qualsiasi tipo di utente. I primi ad essere collegati alla rete Internet dall'Italia furono nel corso degli anni Ottanta i ricercatori dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Nel 1988, sotto gli auspici del Ministero dell'Università e della Ricerca scientifica, fu costituito il GARR (Gruppo per l'Armonizzazione delle Reti della Ricerca), allo scopo di creare una rete di interconnessione tra le reti accademiche e quelle degli istituti scientifici di ricerca nazionali. Al di fuori del mondo delle università e della ricerca, il primo provider commerciale a offrire connessioni ad aziende e ai primi esploratori di Internet fu l'Unet, nato originariamente per connettere gli aderenti dell'associazione degli utenti Unix. Un'altra importante porta di accesso a Internet furono, tra la fine degli anni Ottanta e i primi anni Novanta, le BBS, e cioè le bacheche elettroniche intorno a cui si formarono le prime comunità virtuali italiane, attraverso i service telematici di Agorà, Mclink, Galactica diventati in seguito Internet service provider.

Il 1994, in cui divenne commercialmente accessibile dal nostro Paese il collegamento transatlantico a Internet, può essere considerato il vero anno di nascita di Internet in Italia.

Inesorabilmente legato all'uso della nuova rete, si è diffuso ben presto l'impiego della posta elettronica attraverso l'utilizzo di e-mail, messaggio (file di puro testo che può contenere anche file allegati di altra natura multimediale) inviato tramite il sistema informatico o elettronico a persone dotate di altrettanti apparecchi. Esso funziona come il sistema postale tradizionale, ma è molto più veloce: un messaggio e-mail impiega alcuni secondi per raggiungere la destinazione e costa pochissimo (il prezzo della connessione al provider). Solo nell'anno 2000 si sono aggiunte a Internet 400 milioni di nuove mailbox elettroniche²⁴.

Il futuro delle telecomunicazioni è indirizzato verso la convergenza dei vari sistemi in un unico terminale di fruizione. In altre parole, si può accedere alla rete telefonica per i servizi di comunicazione interpersonale, alle reti per le comunicazioni tra computer ed alle reti radio e televisive per le comunicazioni di tipo broadcast, sfruttando un'unica rete di collegamento. Già oggi, con il sistema di trasmissione dati GPRS (General Packet Radio Service), si può usufruire di una pagina web direttamente dal cellulare. Con il sistema VoIP, Voice Over IP o Voce su Protocollo Internet, si possono effettuare chiamate voce e mandare fax direttamente tramite reti dati basate sul protocollo IP, con un'adeguata qualità di servizio ed un ottimo rapporto costi/benefici.

L'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), nuovo sistema mobile di terza generazione, consentendo la visione di immagini in movimento, potrebbe stimolare nuove forme di integrazione fra televisione e Internet, utilizzando come terminale non più il computer ma il telefono cellulare. Per il 2006, anno in cui è previsto l'utilizzo delle reti digitali terrestri da parte delle emittenti televisive, l'integrazione fra Tv e Internet potrebbe essere una concreta realtà e non un'ipotesi.

Queste nuove tecnologie potrebbero trovare utili applicazioni in vari campi, ad esempio nel telelavoro, nella telemedicina e nella domotica, ovvero nell'automazione domestica per la gestione della propria casa e degli edifici, grazie alla quale si potrà accendere, spegnere, controllare e ricevere allarmi, aprire o riscaldare la propria abitazione anche con un semplice SMS.

²⁴ <http://italiaaltelefono.virgilio.it/cover.html>

COMUNICAZIONE, TRASMISSIONE E SEGNI. Le torri emittenti e riceventi.

Capitolo secondo

SISTEMI PER TRANS-MITTERE appareati emittenti e riceventi

2.1 - Sistemi di trasmissione

Le torri di telecomunicazione, sparse un po' ovunque sui territori, sono prevalentemente dei ponti radio per la ricezione e la diffusione di segnali, oppure semplici ripetitori che fanno parte di un sistema molto più complesso riguardante la trasmissione dell'informazione da una sorgente emittente ad un punto di ricezione, più o meno distante.

L'informazione da trasmettere è espressa per mezzo di un insieme di simboli, per esempio lettere di un dato alfabeto, ai quali sono associati segnali (elettrici, ottici ecc.) adatti al mezzo trasmissivo che si vuol utilizzare e che giungono al destinatario che, a sua volta, estrae l'informazione trasmessa, a meno di una qualche degradazione causata da disturbi e imperfezioni presenti inevitabilmente nel sistema.

L'informazione può assumere una grande varietà di forme. Storicamente il primo esempio pratico di comunicazione a distanza per via elettrica è stato la telegrafia, mediante la quale messaggi scritti potevano essere trasmessi lungo una linea metallica usando, per le lettere del testo da trasmettere, una opportuna codificazione di segnali elettrici.

Nella sua forma primitiva, il telegrafo elettrico (Morse, 1837) si basa su un interruttore che controlla un flusso di corrente in una coppia di fili, che collegano trasmettitore e ricevitore. Per la trasmissione dell'informazione è necessario un codice per rappresentare le lettere dell'alfabeto. Il codice classico usato (alfabeto Morse) rappresenta le lettere con combinazioni di punti (impulsi corti) e linee (impulsi lunghi), utilizzando naturalmente degli spazi (assenza di corrente) per separare impulsi, lettere e parole. Negli anni il sistema primitivo si è evoluto diventando da manuale ad automatico e ricorrendo all'uso di codici più convenienti (telescrivente e così via).

Il successivo evento fondamentale nella storia dei sistemi di comunicazione fu l'introduzione del telefono (1875). Le onde acustiche prodotte dal parlato e dalla musica sono percepibili in uno spettro di frequenze che si estende all'incirca dai 20 Hz ai 15000 Hz. Si noti però che per la voce gran parte dello spettro è contenuto nell'intervallo di frequenze tra 300 e 3400 Hz per cui, limitandosi a trasmettere tale

intervallo, si ha una riproduzione di qualità accettabile. Nel telefono l'onda acustica è convertita in segnale elettrico e viceversa. Naturalmente il segnale telefonico ha caratteristiche ben diverse da quelle del segnale telegrafico, infatti esso all'uscita del microfono, consiste di fluttuazioni continue di corrente. La telefonia rappresenta tuttora il tipo d'informazione più importante nei sistemi di comunicazione. Ma i sistemi di comunicazione trattano oggi molti altri tipi d'informazione: le immagini, che possono essere fisse come nel caso del "facsimile", oppure immagini in movimento, quali quelle della televisione; testi e dati emessi dai più svariati tipi di terminali ed elaboratori; grandezze fisiche misurate in processi vari, che possono essere convertite con opportuni trasduttori in segnali elettrici da trasmettere a distanza (telemetria, controllo remoto).

Il termine "elettrico" usato per i segnali di comunicazione va inteso qui nella sua accezione più vasta, tale quindi da comprendere non solo segnali in bassa frequenza o a radiofrequenza, ma anche segnali di natura ottica.

I segnali

Come già visto per la telegrafia e la telefonia, ogni tipo di segnale presenta caratteristiche proprie. Per esempio per le immagini fisse tipo "facsimile", un trasduttore fotoelettrico effettua una scansione dell'immagine riga per riga in sequenza, producendo un segnale che fluttua continuamente nel tempo secondo le variazioni di luminosità dei vari punti dell'immagine. Se la densità di righe per centimetro è sufficiente, in ricezione è possibile ricostruire l'immagine con sufficiente definizione. La rapidità delle fluttuazioni del segnale sarà evidentemente legata al tempo impiegato per la scansione.

Per le immagini in movimento come in televisione, si consideri che, date le caratteristiche della percezione visiva umana, si potrà trasmettere una sequenza sufficientemente rapida di immagini fisse approfittando dell'effetto di persistenza della visione. Nel cinema la proiezione sullo schermo di 25 immagini fisse al secondo rende i movimenti praticamente indistinguibili dalla scena originale: questo è l'ordine di grandezza per il numero di immagini fisse che occorre trasmettere per riprodurre scene in movimento.

Quanto sopra dà un'idea di come varie forme di informazione "naturale" possano essere convertite in segnali elettrici per la trasmissione. A queste forme fondamentali di segnali naturali (telefonia, televisione ecc.) si affiancano, in misura crescente con lo sviluppo dei sistemi di elaborazione dell'informazione, altri tipi di segnali che possiamo genericamente raggruppare sotto la denominazione di "dati". I calcolatori e in generale le macchine per l'elaborazione delle informazioni scambiano informazioni in forma numerica, usando cioè un alfabeto con un numero finito di simboli, in genere binari (due simboli, 1 e 0) e a ciascuno di essi si assocerà, per la trasmissione, un opportuno segnale elettrico a seconda del mezzo trasmissivo disponibile.

L'informazione, dunque, può assumere svariate forme: alfabeti, numeri binari, fluttuazioni continue di grandezze fisiche ecc.; a queste sono associati segnali che variano nel tempo e che possiamo dividere in due grandi classi: i segnali analogici, in cui l'informazione è contenuta nella variazione continua nel tempo del segnale stesso (per esempio il segnale telefonico e quello televisivo, che escono rispettivamente dal microfono o dalla telecamera) e i segnali discreti o numerici (o digitali) in cui l'informazione può assumere un numero finito di configurazioni, simboli e relativi segnali (telegrafia e più in generale testi, dati ecc).

L'esempio classico di segnale discreto è quello del segnale telegrafico tradizionale (Morse) che adopera, per rappresentare i caratteri alfabetici, tre simboli, cioè "punto" (impulso di corrente corto), "linea" (impulso lungo), "spazio" (assenza di impulso). L'esempio più importante è però quello del segnale binario che ha due caratteri per rappresentare un bit (binary digit = numero binario, 1 o 0).

L'importanza deriva dal fatto che, oltre all'informazione già originariamente in forma binaria, si ha spesso convenienza tecnica a rappresentare in tale forma anche altro tipo d'informazione: ad esempio nello sviluppo della telegrafia il classico codice Morse è stato sostituito da un codice binario, il codice Baudot (1875) per le telescriventi, che usa parole di 5 bit per rappresentare i caratteri alfabetici (con parole di 5 bit possiamo rappresentare 25/32 caratteri).

Si osservi che la distinzione tra analogico e numerico, pur utile, non può essere assoluta anche perché, come vedremo, un aspetto fondamentale delle moderne comunicazioni è proprio la possibilità di trasmettere in forma numerica anche l'informazione di tipo originariamente analogico²⁵.

I canali di comunicazione a distanza

Passando dai tipi di informazione da trasmettere ai mezzi disponibili per la trasmissione, si può dire che la comunicazione a distanza avviene fondamentalmente attraverso due classi di mezzi. L'una è costituita da linee fisiche di trasmissione, e l'altra dalla propagazione di onde elettromagnetiche nello spazio libero. Per quanto riguarda la prima classe, un segnale elettrico può essere trasmesso a distanza su una linea costituita da due fili conduttori; il segnale porta informazione in vari modi: esso può essere costituito da combinazioni d'impulsi di corrente più o meno lunghi, combinazioni che rappresentano secondo un dato codice i simboli da trasmettere, come avviene nella telegrafia classica; oppure, come in telefonia, il segnale sarà continuo e riproduce le oscillazioni acustiche della voce, con frequenze fino ad alcuni kHz.

La linea di trasmissione potrà essere costituita da una coppia di fili conduttori identici o da un cavo coassiale, cioè da un filo conduttore che corre lungo l'asse di un tubo cilindrico conduttore; oppure da una fibra ottica, costituita da un filo sottilissimo di silice trasparente, interno ad un mantello cilindrico

²⁵ A. Bernardini, *Lezioni del corso di "Sistemi di telecomunicazione"*. Roma, 1996.

di vetro con indice di rifrazione inferiore, divenendo una guida d'onda in cui segnali ottici possono propagarsi a grande distanza.

Per quanto riguarda la seconda classe, si utilizza la propagazione nello spazio dell'energia elettromagnetica alle varie frequenze (radio e ottiche)²⁶. L'ITU (International Telecommunications Union), che è l'organizzazione internazionale più importante ed autorevole per la regolamentazione dei sistemi di comunicazione, tramite il CCIR (Comitè Consultative International de Radio) preposto alla preparazione delle Raccomandazioni e dei Rapporti per la normalizzazione delle radiotrasmissioni, ha, a suo tempo, definito i sistemi di ponte radio come "sistemi di radiocomunicazione in servizio tra punti fissi che lavorano a frequenze superiori a 30 MHz, usando la propagazione troposferica e includendo normalmente una o più stazioni intermedie". Come tali si caratterizzano i radiocollegamenti "terrestri" che con una o più stazioni intermedie (ripetitori) segmentano l'intero collegamento in "tratte" successive. Poiché la propagazione delle onde elettromagnetiche avviene in modo analogo a quella della luce, la trasmissione si attua in modo rettilineo, perciò le antenne devono essere a visibilità diretta, cioè l'una deve vedere l'altra, senza ostacoli interposti, che intercetterebbero il fascio di onde interrompendo la trasmissione.

I radiocollegamenti via satellite, che pure hanno un ripetitore, il satellite, rientrano nella definizione di ponti radio satellitari, perché non si sviluppano nella troposfera.

Con il tempo sono diventati elementi caratteristici peculiari dei sistemi in ponte radio anche l'elevata qualità ed affidabilità della trasmissione nonché la grande quantità di informazione trasmessa. Ne derivano, come caratteristiche di massima del ponte radio :

- l'impiego di frequenze portanti di trasmissione molto alte;
- l'impiego di antenne direttive (i collegamenti radio avvengono secondo una precisa direzione) e con elevati guadagni (ciò comporta un risparmio di potenza in trasmissione ed una protezione da interferenze in ricezione).

Anche i satelliti orbitanti nello spazio attorno alla Terra possono essere impiegati come ripetitori.

Le onde elettromagnetiche viaggiano nello spazio libero alla velocità $c = 300.000 \text{ km/s}$, e le frequenze radio d'interesse per le comunicazioni attualmente vanno dai kHz alle decine di GHz (1 GHz = 10^9 Hz). Le lunghezze d'onda più corte usate nei sistemi radio, corrispondenti a frequenze dell'ordine delle decine di GHz, sono quindi dell'ordine di millimetri, valendo tra lunghezza d'onda λ e frequenza f la relazione

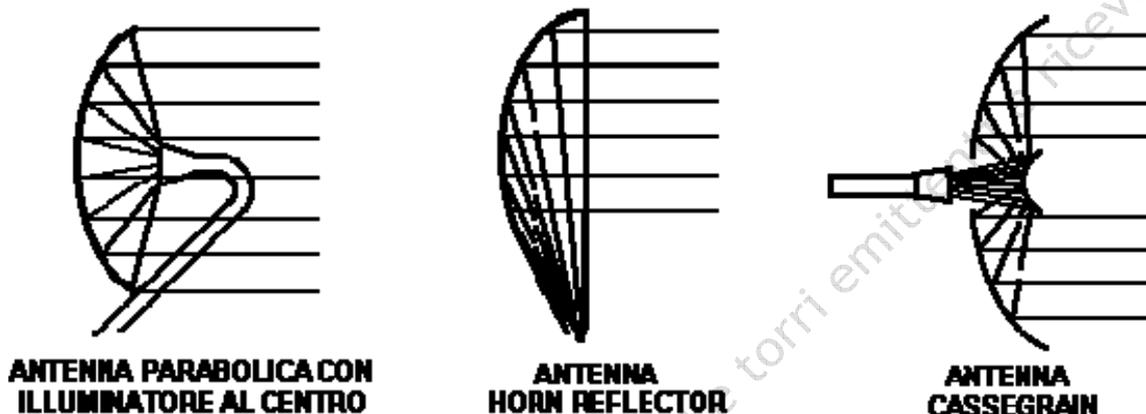
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad c = \text{velocità della luce nel vuoto}$$

²⁶ A. Niutta, *Tecnica delle telecomunicazioni a grande distanza*. Milano, 1962.

Per le comunicazioni su fibre ottiche, le lunghezze d'onda sono dell'ordine del micron, corrispondenti quindi a frequenze dell'ordine di 3×10^{14} cioè 300 THz (THz = TeraHertz = 10^{12} Hz)²⁷.

I ponti radio si classificano, in base al tipo di modulazione, in analogici e numerici.

I ponti radio analogici trasmettono fasci di onde elettromagnetiche con frequenze tipicamente di 2 - 4 - 6 - 7 - 8 - 11 - 13 GHz. Le potenze in gioco vanno da 1 W a qualche decina di Watt con distanze che vanno da qualche chilometro a qualche decina di chilometri e le antenne usate sono di solito le paraboliche, le horn reflector, le cassegrain.



La modulazione più usata è quella di frequenza (*FM - Frequency Modulation*), che consente una considerevole insensibilità ai disturbi di origine elettromagnetica ed è impiegata non solo per le radiotrasmissioni telefoniche, ma anche per la parte audio del segnale televisivo, trasmesso via etere, per la televisione satellitare analogica, per i cellulari di tipo ETACS, oltre che per alcune trasmissioni dei radioamatori. Le altre tecniche possibili sono modulazione di ampiezza (*AM - Amplitude Modulation*) e modulazione di fase (*PM - Phase Modulation*). Tra le principali frequenze usate invece via etere ci sono la VHF (*Very High Frequency - frequenza molto alta*), che designa la banda delle onde metriche comprese nell'intervallo di frequenze dai 30 ai 300 MHz e la UHF (*Ultra High Frequency - frequenza ultra-alta*), relativa alla banda delle onde decimetriche comprese nell'intervallo di frequenza dai 300 ai 3000 MHz usata nelle trasmissioni radio e televisive.

I ponti radio numerici sono quelli in cui la banda base è costituita da segnali digitali organizzati in una trama del tipo PCM.

Oggi si tende sempre più a preferire la trasmissione di dati sotto forma numerica per i numerosi vantaggi che questo tipo di modulazione ha rispetto a quella analogica e che così si schematizzano:

- Possibilità di rigenerazione dei segnali a distanza.
- Possibilità di individuare e correggere gli errori in ricezione.

²⁷ A. Bernardini, *ibidem.*, p. 4

- Segretezza della trasmissione a seguito delle codifiche usate.
- Capacità di utilizzare le stesse strutture per trasmettere dati di tipo diverso tra loro, cioè televisivi, telefonici, telegrafici, trasmissione dati, fax, ecc²⁸.

Il "rumore"

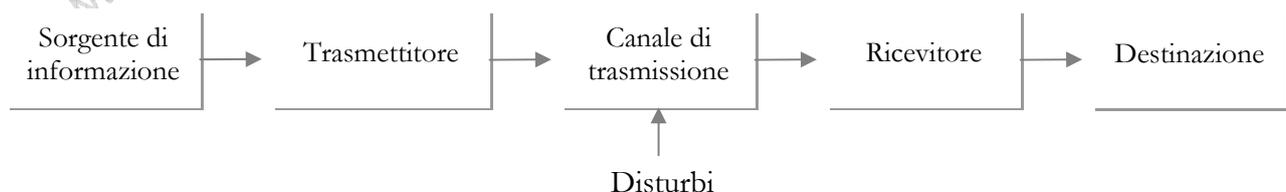
Il problema fondamentale per la trasmissione dell'informazione è dato dai disturbi presenti nei circuiti e nei dispositivi, usati per il trattamento dei segnali, e nei canali di trasmissione. Tali disturbi costituiscono il limite fondamentale alle possibilità di comunicazione.

Segnali spuri ("rumore") sono inevitabilmente presenti nei sistemi di trasmissione. Essi possono essere segnali estranei provenienti dall'esterno del sistema (interferenze), ma anche in assenza di questi vi saranno sempre fluttuazioni casuali che hanno origine nel sistema stesso, nei circuiti che lo compongono, e che vanno a disturbare i segnali d'informazione. Vi è per esempio il rumore dovuto alla natura discreta dell'elettricità e al movimento degli elettroni (rumore termico ed elettronico). Il movimento degli elettroni nei conduttori genera fluttuazioni casuali di corrente. Per esempio ai capi di un resistore appare una tensione di rumore il cui valore quadratico medio (potenza) risulta proporzionale al valore R della resistenza e alla sua temperatura assoluta. D'altra parte i corpi circostanti al sistema di comunicazione irradiano comunque energia elettromagnetica in proporzione alla loro temperatura assoluta, e parte di questa sarà captata, in un sistema radio, dall'antenna ricevente (corpi alla temperatura della superficie terrestre saranno nell'ordine di 300 gradi Kelvin).

Un aspetto quindi fondamentale nella teoria della comunicazione è proprio quello dei metodi di trattamento dei segnali, in trasmissione e ricezione, per ottenere una sufficiente protezione dell'informazione dai disturbi inevitabilmente presenti.

Modello di un sistema di trasmissione

Un sistema tipico per la trasmissione dell'informazione a distanza può essere quindi schematicamente suddiviso in:



²⁸ G. Bronzi, *La tecnica dei radiotrasmittitori per le telecomunicazioni e per le radiodiffusioni*. Bologna, 1949.

- **Trasduttore d'ingresso** (per esempio l'apparecchio telefonico): converte l'informazione originaria emessa dalla sorgente in un segnale elettrico, che chiameremo segnale in banda base;
- **Trasmittitore**: converte il segnale in banda base in un segnale adatto ad essere trasmesso sul mezzo di comunicazione disponibile (radio, fibra ottica, due fili metallici ecc). Il trasmettitore consiste in genere di varie funzioni in cascata e può assumere svariatissime configurazioni secondo la particolare applicazione. Può essere semplicissimo, come nell'esempio di un semplice circuito d'accoppiamento di un microfono telefonico ad una coppia di fili, oppure può essere molto complesso, come quando deve trasferire l'informazione su un'onda portante ad altissima frequenza usando per di più opportune trasformazioni del segnale (codificazione e modulazione) per proteggerlo contro i disturbi presenti nel canale di trasmissione;
- **Canale di comunicazione**: è la parte del sistema che trasporta a distanza il segnale opportunamente preparato dal trasmettitore mediante la propagazione di onde elettromagnetiche, guidate o non (cavi coassiali, fibre ottiche, sistemi radio ecc);
- **Ricevitore**: riconverte il segnale proveniente dal canale nel segnale di banda base originario (a meno di errori e imprecisioni dovuti ai disturbi inevitabilmente presenti sul canale e nei circuiti e dispositivi usati);
- **Trasduttore di uscita**: converte il segnale elettrico in banda base in una forma conveniente per il destinatario della trasmissione (la stampante di una telescrivente, il tubo a raggi catodici di un apparecchio televisivo ecc)²⁹.

Da tutto ciò deriva che le informazioni di natura diversa, secondo l'applicazione, devono essere convenientemente rappresentate in termini di segnali "elettrici" adatti ad essere trasmessi sui canali disponibili e sufficientemente protetti contro gli inevitabili disturbi. Al di là, però, delle caratteristiche particolari di ciascun tipo d'informazione (telefonia, dati ecc.), è possibile dare una definizione generale quantitativa contenuta nei messaggi (di qualsiasi tipo) emessi da una qualsiasi "sorgente" d'informazione, e sviluppare una teoria per un'efficiente rappresentazione dei messaggi da trasmettere, e per una loro efficiente "codificazione" ai fini di una trasmissione adeguatamente protetta da eventuali disturbi che si possono verificare.

La teoria dell'informazione³⁰ e dei codici affronta questo tema generale, riconducendo ad unità i problemi teorici di trasmissione per i vari tipi di sistemi di comunicazione. Naturalmente, visto la natura della ricerca in oggetto, se ne tralascia l'analisi in questo testo.

²⁹ A. Bernardini, *ibidem*, p.5

³⁰ La teoria dell'informazione ha per oggetto lo studio delle leggi matematiche che regolano l'elaborazione e la trasmissione dell'informazione. Ad essa si deve la sistematizzazione dei metodi di misurazione e rappresentazione dell'informazione (codifica) e la formulazione di relazioni fra variabili matematiche per ottenere un utilizzo ottimale dei sistemi di comunicazione nella trasmissione dei messaggi. Questa scienza riguarda tutte le forme di trasmissione e memorizzazione di messaggi, comprese la televisione e le registrazioni magnetiche e ottiche dei dati. L'informazione, ovvero l'insieme dei messaggi trasmessi, può essere costituita da voce o musica trasferite per telefono o radio, da immagini diffuse con sistemi televisivi, da dati digitali trasferiti attraverso le reti di comunicazione, ma anche dagli impulsi nervosi degli organismi viventi.

Le reti di telecomunicazione

In moltissimi casi il sistema di telecomunicazioni non coinvolge solamente due punti (sorgente e destinatario), ma anche molteplici "utenti" (uomini o macchine) interconnessi in rete. Le reti di telecomunicazione mettono a disposizione di più utilizzatori un insieme di collegamenti trasmissivi e dispositivi per l'instradamento del traffico di informazioni tra i fruitori stessi, a seconda delle richieste che si presentano nel tempo.

La struttura della rete è condivisa da più sorgenti e ricevitori; in essa pertanto, accanto alla funzione di "trasmissione" da un punto ad un'altro, vi è anche la funzione di "commutazione" che consente l'assegnazione dinamica delle strutture trasmissive della rete secondo le richieste di collegamento che si presentano. Non sarebbe infatti conveniente predisporre una rete con collegamenti fissi dedicati ad ogni possibile comunicazione che possa essere richiesta, cioè ad ogni possibile coppia di utenti. Infatti tali collegamenti, data la natura della comunicazione che può essere temporanea ed aleatoria, sarebbero poco sfruttati.

In una tipica rete, quindi, i canali di trasmissione fanno capo a centrali di commutazione, cioè a nodi della rete dove l'informazione in transito viene opportunamente instradata per raggiungere il destinatario nel modo più conveniente. Naturalmente, per la natura aleatoria del traffico, la condivisione della rete da parte di un gran numero di utenti comporta il rischio di "congestione" della rete, rischio che il progetto della rete dovrà mantenere sotto livelli accettabili.

Mentre nelle reti locali possono aversi strutture semplici, le reti di grandi dimensioni, per esempio quelle pubbliche nazionali ed internazionali come la rete telefonica, hanno strutture più complesse di tipo gerarchico. Nella rete telefonica, che costituisce il sistema di telecomunicazioni di gran lunga più importante (connette circa un miliardo di punti nel mondo), la rete a livello locale poggia oggi principalmente su linee in rame, come mezzo trasmissivo tra gli utenti e le centrali di commutazione al primo livello della rete; a livelli superiori, fino al livello internazionale, troviamo come mezzi trasmissivi cavi coassiali, ponti radio, fibre ottiche e satelliti geostazionari.

La teoria dell'informazione trova numerose applicazioni in campi estremamente eterogenei come la cibernetica, la crittografia, la linguistica, la psicologia e la statistica.

Il nucleo di detta teoria fu elaborato nel 1948 dall'ingegnere elettrotecnico statunitense Claude E. Shannon e fu il risultato di una lunga e sistematica attività di ricerca dettata dall'esigenza di una solida base teorica per le tecnologie delle comunicazioni.

“Il problema centrale della comunicazione è riprodurre, in maniera esatta o approssimata, in un punto un messaggio composto in un altro punto”. Con queste parole Shannon formulava il problema affrontato nel lavoro “A Mathematical Theory of Communication” del 1948. L'intenso sfruttamento dei canali di comunicazione, quali le reti telefoniche e i sistemi di radiocomunicazione, iniziato negli anni Trenta e continuato nel dopoguerra, poneva in primo piano la necessità della messa a punto di sistemi sempre più efficaci per la trasmissione dei messaggi.

Si deve a Shannon la prima espressione di un sistema per la generazione e trasmissione delle informazioni in forma di modello, che comprende una sorgente dell'informazione, un codificatore, un canale di trasmissione, un decodificatore e un osservatore, il quale, rilevando, interpretando e utilizzando l'informazione per fini propri, interagisce con essa, contribuendo in parte a determinarne il contenuto trasferito.

Il trasporto dell'informazione attraverso una rete non comporta solo la pura trasmissione fisica dei segnali che recano l'informazione, ma anche un insieme di altre operazioni quali la segnalazione, l'instradamento attraverso la rete, la gestione del "dialogo" tra gli utenti che si scambiano informazioni ecc. Tali operazioni sono in generale sottoposte a regole ben precise.

Per esempio, per le reti di trasmissione dati, si è introdotto un modello di riferimento denominato OSI (Open System Interconnection) che organizza le funzioni della rete in più livelli concatenati gerarchicamente, ciascuno dei quali funziona secondo un determinato protocollo. I tre livelli più bassi nella scala gerarchica di questo modello regolano essenzialmente il trasporto dell'informazione attraverso la rete: il livello "fisico" corrisponde alle funzioni di trasmissione sul mezzo fisico (modulazione, demodulazione, sincronizzazione ecc.); il secondo livello ha il compito di assicurare l'affidabilità dei dati trasmessi; il terzo livello, quello di "rete", assicura l'instradamento dei dati attraverso la rete, mediante opportuni caratteri di controllo aggiunti ai dati; il quarto livello è quello in cui avviene per esempio il frazionamento di un messaggio in più "pacchetti" per la trasmissione e la ricomposizione dell'intero messaggio a partire dai pacchetti ricevuti. I protocolli relativi ai livelli più elevati sono legati essenzialmente all'applicazione specifica e non al tipo di rete o mezzi trasmissivi impiegati.

Quanto ai modi per la commutazione del traffico tra gli utenti di una rete, due sono le tecniche principali. Secondo la prima tecnica, una precisa via di comunicazione (un "circuit") viene appositamente stabilita tra i due utenti che vogliono comunicare e resta destinata ad essa per tutta la sua durata. Questa modalità, detta a commutazione di circuito, è per esempio quella utilizzata nella tradizionale rete telefonica. La via riservata alla particolare connessione potrà essere fisicamente realizzata in molti modi: per esempio una particolare fibra ottica e, in essa, una particolare "finestra" temporale di un multiplex a divisione di tempo e, proseguendo in cascata, una particolare sottobanda in un collegamento radio a divisione di frequenza ecc. In ogni caso tale via rimane esclusivamente a disposizione dei due utenti collegati, fino a che la connessione termina.

Questa modalità tende a diventare inefficiente se il tempo di servizio richiesto per stabilire e disconnettere il "circuit" è non trascurabile rispetto alla durata della connessione e, inoltre, se il flusso d'informazione è tanto discontinuo da lasciare il "circuit" inutilizzato per una percentuale di tempo rilevante. In questi casi si presenta più conveniente una seconda tecnica, la commutazione di "pacchetto": i messaggi numerici emessi dai vari utenti della rete sono segmentati in pacchetti di lunghezza costante (per esempio qualche migliaio di bit), con opportune intestazioni che ne rendono possibile la gestione (instradamento ed inoltramento al destinatario) da parte della rete. La commutazione di "pacchetto" svincola dalla necessità di stabilire un collegamento fisico dedicato esclusivamente ad una

particolare connessione. Infatti pacchetti relativi a messaggi di utenti diversi possono condividere, intercalandosi nel tempo, uno stesso canale trasmissivo, consentendo un più efficiente sfruttamento della capacità trasmissiva disponibile. Il flusso dei pacchetti relativi ai vari messaggi verso le varie destinazioni viene controllato e gestito da elaboratori che costituiscono i nodi di commutazione nella rete. L'operazione di commutazione comporterà, ai nodi, memorizzazione ed elaborazione, e quindi un certo ritardo che potrà anche essere variabile in relazione all'andamento del traffico. Tale ritardo dovrà essere controllato, a seconda del tipo di messaggi in gioco, affinché in ricezione il messaggio originario possa essere ricostituito con ritardo accettabile, rimettendo insieme i singoli pacchetti che lo compongono.

Sono inoltre possibili procedure intermedie che combinano aspetti di entrambe le modalità di commutazione sopra delineate.

A seconda delle applicazioni, s'incontrano vari tipi di rete: vi sono reti locali, all'interno di un edificio, o le reti geograficamente molto estese come la rete telefonica mondiale; reti per la diffusione TV via cavo o reti che collegano utenti mobili, e così via.

Gli sviluppi delle tecnologie microelettroniche e della trasmissione numerica portano verso una integrazione delle funzioni di trasmissione e di commutazione, sulla base del denominatore comune costituito dalla forma numerica dei segnali. Sotto questo denominatore comune, si prospetta anche l'integrazione dei servizi, cioè l'instradamento comune nella stessa rete dei segnali in forma numerica relativi a servizi di natura differente (telefonia, dati, servizi telematici, facsimile, videotelefono ecc). Una volta che i vari tipi di segnale sono convertiti in una comune forma numerica, si possono utilizzare gli stessi organi di accesso, trasmissione e commutazione. Si tende così a realizzare una rete numerica "integrata" (ISDN, Integrated Services Digital Network).

Nelle reti di telecomunicazioni entrano quindi in gioco molteplici aspetti, dall'architettura e topologia della rete stessa ai protocolli necessari per regolare le "conversazioni" tra gli utenti e alla trasmissione a distanza di segnali³¹.

³¹ A. Bernardini, *ibidem*, pp.7-8

Capitolo terzo

FORMA E FUNZIONI

evoluzione delle architetture per le telecomunicazioni

3.1 - I precursori delle torri di telecomunicazioni

Con l'avvento dei nuovi mezzi di telecomunicazioni si è avuta la necessità, ad inizio secolo, di creare dei collegamenti tra i vari impianti radiotrasmittenti. Dapprima la loro portata, essendo di dimensioni e di capacità modeste, ne permetteva la sistemazione anche su piccoli edifici, ma poi per diffondere il segnale il più lontano possibile si è cercato di collocarli in luoghi più elevati. Quelli più consoni a tale circostanza erano spesso posizionati su alture e montagne, laddove fossero presenti, e comunque in territori che offrissero particolari requisiti morfologici tali da non produrre eventuali disturbi ai segnali. Esaminando il sistema di ponti-radio, si è già detto che i ripetitori e le antenne, di cui essi sono costituiti, sono gli elementi più importanti per la trasmissione di onde elettromagnetiche. Questi agli inizi venivano montati su semplici strutture reticolari di tralicci metallici e ancora oggi si nota la loro presenza sparsi qua e là sul nostro territorio. In realtà proprio in seguito alla diffusione di nuove stazioni radiotelevisive, conseguenti alla nascita dell'emittenza privata e allo svilupparsi della telefonia mobile, si è assistito ad un notevole incremento di tale impalcature cosicché non è inusuale, alzando gli occhi al cielo, trovarne qualcuna anche tra i tetti dei nostri edifici. Si passa dalle forme reticolari più semplici a quelle più complesse, ma fondamentalmente le maglie sono quasi sempre triangolari, poiché come disse il grande costruttore di ponti John Roebling, il triangolo è “la figura geometrica più indeformabile”³². Questi tralicci, a parte il peso proprio e quello dei ripetitori degli impianti annessi, devono infatti sopportare le forze dinamiche esercitate dalla pressione del vento a cui essi solitamente sono sottoposti. Indubbiamente essi esercitano un fascino visivo, proprio dei reticoli spaziali, dovuto

³² M. Salvadori, *Perché gli edifici stanno in piedi*. Strumenti Bompiani, 1993 – p. 169.

tra l'altro alla loro leggerezza, alla loro trasparenza e alla loro geometria, che può variare spettacolarmente a seconda del punto di vista. Il loro contenuto estetico è così rilevante che Kenneth Snelson è diventato famoso in tutto il mondo per le sue bellissime sculture "Tensegrity", che altro non sono se non torri di reticoli spaziali e di profili fluttuanti nello spazio dotati di particolare eleganza e leggerezza ed in cui le forze comprimono e si dilatano simultaneamente dando origine a figure robuste e allo stesso tempo flessibili. Contrariamente ad altre strutture architettoniche, come ad esempio gli archi di pietra, che presentano le sole forze di compressione e che spingono una faccia contro l'altra, rendendole rigide e statiche, una struttura di tensegrity è dinamica, infatti essa si piegherà sotto l'azione delle forze e ritorna nella sua forma originaria in mancanza di sollecitazioni.

Le sculture eseguite da Snelson sono costituite da lucidi tubi di acciaio tenuti insieme da reti di alluminio che si arrampicano nell'aria ignorando apparentemente qualsiasi forza di gravità; esse non solo sono dei prodigi scientifici, ma hanno ispirato anche un nuovo campo d'ingegneria e una nuova comprensione della biologia cellulare; difatti gli ingegneri meccanici, nel frattempo, hanno sviluppato modelli matematici basati sulla tensegrity che hanno permesso di progredire negli studi di alcune malattie dei tessuti come il cancro e, secondo Ingber, professore di patologia alla scuola medica di Harvard e presso l'ospedale pediatrico di Boston, potrà essere utile probabilmente per curare l'asma, l'enfisema, l'ipertensione e l'osteoporosi, nonché comprendere i misteri legati alla nascita della vita sulla terra.

Snelson ha ricevuto notevoli attenzioni negli anni '60, quando era in voga il minimalismo, infatti le sue figure geometriche e le barre di metallo, a prima impressione, possono ricondurre a tale movimento. Secondo il critico d'arte Daniel Cohen invece, l'arte di Snelson fa parte solo di una tradizione legata all'"arcano ed erudito" campo dell'arte matematica, risalente all'artista e matematico del Rinascimento italiano Piero della Francesca, che nei suoi disegni esplorò la geometria e include i pionieri della pittura geometrica astratta come Kasimir Malevich (1878-1935) e Piet Mondrian (1872-1944). In realtà per alcuni artisti le opere di Snelson coinvolgono troppo l'aspetto ingegneristico per essere giudicate artistiche, mentre gli scienziati ritengono che siano troppo legate all'estetica per riconoscerne una valenza scientifica, e per questo che la figura di Snelson ha sempre dato luogo all'eterna diatriba fra arte e scienza³³.

3.2 - La torre Eiffel: simbolo della tecnica innovatrice del XIX secolo

Un "traliccio" d'eccezione, sia per la sua bellezza che per il suo valore ingegneristico, è la torre Eiffel a Parigi. Essa fu eretta in occasione dell'Esposizione Universale del 1889 al solo scopo di offrire magnifiche vedute e per dimostrare che la Francia, a 100 anni dalla rivoluzione, era all'avanguardia della

³³ <http://www.kennethnelson.net/articles/slate.htm>

tecnica ed in grado di realizzare il sogno di una torre alta 300 metri, il doppio dell'altezza del Washington Monument, allora la struttura più alta al mondo. Da un punto di vista pratico, inizialmente essa non aveva nessuna funzione, difatti se tralasciamo le torri difensive costruite dai saraceni lungo tutte le coste del Mediterraneo, e le torri, sempre a scopo di difesa, inserite nelle mura medioevali delle città italiane e francesi, praticamente tutte le altre grandi torri del passato furono costruite con uno scopo spirituale. Spesso erano situate accanto alle chiese rinascimentali e in cima alle cattedrali gotiche e richiamavano i fedeli alle loro preghiere. Ancora oggi, i minareti chiamano i fedeli musulmani ai loro puntuali doveri quotidiani. Si costruirono torri anche come simboli dell'orgoglio cittadino, sopra o accanto ai municipi. Se potevano essere usate per avvistare il nemico, o per raccogliere la popolazione ad uno speciale avvenimento, allora tanto meglio. Erano edifici di altezze modeste: 70, 100 metri e anche oltre, tutti costruiti in pietra o in mattoni.

La torre Eiffel non aveva simili aspirazioni spirituali, e neppure pratiche. Fin dalla sua nascita era intesa come un grande scherzo, un giocattolo di acciaio da cui i parigini potevano ammirare la loro città per ben 1,5 milioni di dollari del 1889, prezzo totale dell'opera. Inoltre, fu pesantemente condannata dai difensori dell'estetica francese, difatti il pittore accademico Bouguerau, l'architetto dell'Opéra Garnier, il romanziere Dumas figlio, il compositore Gounod, il poeta Leconte de Lisle, il saggista Prudhomme, lo scrittore Guy de Maupassant, firmarono una chiassosa lettera al ministro dei lavori pubblici nel tentativo di impedire "l'obbrobrio". Guy de Maupassant, per non doverla guardare, si trovò spesso obbligato a pranzare sulla torre. E aveva i suoi buoni motivi, in quanto la torre dominava Parigi in modo tale che non si poteva fare a meno di vederla da qualsiasi punto della città, eccetto naturalmente che dall'interno di uno dei suoi ristoranti. Molte persone ritenevano che presto o tardi la torre sarebbe addirittura crollata e lo stesso ingegnere Eiffel dovette più volte rassicurarli.

Se la torre era un insulto per i conservatori, non si poteva dire altrettanto per la gente comune che dal primo momento rimasero sedotti dal suo fascino tanto che due milioni di persone si accalcarono per visitarla durante il suo primo anno. Furono migliaia a salire i 1671 gradini, prima che gli ascensori aprissero al pubblico. Le folle continuarono a crescere anche dopo che l'Esposizione Universale ebbe chiuso i battenti; attualmente sei milioni di visitatori scalano la torre ogni anno e, il numero di coloro che l'hanno solo ammirata con i propri occhi ma non ci hanno mai messo piede sommati a coloro che la conoscono senza averla mai vista è molto più numeroso. Le cospicue visite hanno finito col dare un nuovo significato alla torre che ormai è diventata uno dei principali monumenti della città, nonché simbolo di tutta la Francia, visitata da molti più turisti che Nôtre Dame o il Sacré Coeur. I manifesti turistici ignoravano tutto il resto; i "nuovi" poeti, scrittori, pittori e compositori ne esaltavano la forma, la leggerezza, il suo crescente significato. Fu il soggetto di 51 quadri di Delaunay, che propose per primo nelle sue opere un'immagine visiva smembrata in tante unità, simultaneamente dipinta dall'alto e dal basso, da destra e da sinistra. Hitler giurò che l'avrebbe distrutta. Durante la seconda guerra mondiale,

mentre le divisioni dei Panzer nazisti stavano ancora lottando contro i carri armati americani per le strade di Parigi, i partigiani francesi issarono il tricolore sulla sua sommità. I ribelli algerini volevano sbarazzarsene con la dinamite e lo stesso volevano fare i loro oppositori militari dell'estrema destra, ambedue senza risultati. Ma ormai la torre era diventata come una montagna che c'era sempre stata e sempre ci sarà. Parigi era impensabile senza di lei.

Una torre è una sfida al vento. Con il suo peso e quello delle persone e delle cose che contiene, deve lottare contro le spinte laterali del vento, che tendono a ribaltarla. È una battaglia questa che si può combattere in due maniere diverse. Si può ipotizzare una torre il cui peso è tale che la sua forza controbilancerà in ogni caso quella del vento; oppure, con maggiore eleganza, si può ridurre al minimo la superficie della torre, in modo da ridurre la superficie su cui il vento fa sentire la sua pressione. Le torri in pietra o in muratura perseguivano il primo dei due concetti, l'acciaio ha reso praticabile la seconda possibilità. Eiffel, maestro dell'acciaio e primo studioso dell'aerodinamica, vi si affidò per intero. Trasformò la torre in una filigrana di acciaio, sulla quale il vento non faceva alcuna presa; tutti i componenti della torre, eccetto alcuni dei pilastri verticali, sono leggeri tralicci reticolari attraverso i quali il vento può soffiare liberamente. Eiffel prese anche delle precauzioni. Calcolò una struttura che si opponeva ad un vento che non si è finora mai riscontrato a Parigi: 238 km/h in corrispondenza della cima della torre a scalare fino a 169 km/h alla base; oppure, un vento costante lungo tutta l'altezza di 216 km/h. Era facile dimostrare che, anche ignorando tutte le superfici reticolari, il peso della torre sopportava questi carichi senza alcun problema al punto che Eiffel poteva permettersi di ignorare il peso dei suoi 10000 visitatori giornalieri, il cui peso aggiunto rappresentava un miserevole 10% del peso della torre³⁴.

Il progetto della torre è la rappresentazione della semplicità ma allo stesso tempo “dimostra quello che diventa possibile quando un numero incredibile di piccole componenti, ognuna distinta per funzione e collocazione, sono combinate in modo tale da formare un'entità unica, la cui somma complessiva supera di gran lunga quelle delle singole parti”³⁵. Partendo dall'alto, quattro pilastri scatolari a profilo quadrato scendono quasi in verticale fino al secondo livello, a 116 metri sopra la quota del terreno. I quattro pilastri sono connessi da diagonali reticolari che fungono da controventatura e che trasformano questa in un rigido obelisco di acciaio, dentro la configurazione quale scorrono, uno sopra l'altro, gli ultimi due ascensori, che vanno dal secondo al terzo livello e poi fino alla cima della torre. La leggera curvatura dei pilastri d'angolo enfatizza lo slancio della torre verso il cielo. Questa sensazione è rinforzata dai due pilastri secondari che stanno al centro dei lati della torre; anch'essi curvi, si incontrano ad un livello intermedio, dove i due ascensori interni si fermano e fanno trasbordare i passeggeri dall'ascensore inferiore a quello superiore.

³⁴ M. Salvadori, *ibidem*. Strumenti Bompiani, 1993, p. 146.

³⁵ H. Hertzberger, *Lezioni di architettura*. Editori Laterza, 1996, p. 64.

Il secondo livello funge da robusta connessione tra i quattro pilastri superiori, cingendoli alla base; questa giuntura poggia non su quattro, ma su otto pilastri di maggiore robustezza: quattro di questi sono agli angoli e proseguono, accentuandola, la leggera curvatura dei pilastri superiori; altri quattro, al centro dei lati, seguono paralleli i pilastri d'angolo. Tutti e otto terminano al primo livello, che si trova a 55 metri sopra la quota del terreno. Sotto, ciascuno dei quattro angoli dell'imponente primo livello poggia su quattro contrafforti inclinati, ciascuno dei quali consiste di quattro pilastri dritti, tutti inclinati verso l'interno di un angolo di 54 gradi. Questi giganteschi contrafforti definiscono un quadrato di 128 metri di lato: da qui l'effetto visivo grazie al quale la torre appare solidamente ancorata al terreno, pronta a resistere a qualsiasi vento che potrebbe soffiare contro l'esile parte superiore, essendo il livello più alto di soltanto 10 metri di lato³⁶.

Le 8000 tonnellate della struttura della torre poggiano su solide fondazioni, costituite da quattro immense pile di cemento inclinate, la cui profondità nel terreno dipende dalle condizioni del suolo sotto ciascuno dei quattro contrafforti portanti. Mentre si scavava il terreno per queste pile, e visto che le acque della Senna filtravano nel terreno dei Champs de Mars (dove si trova la torre), Eiffel dovette far buon uso della sua esperienza nel campo dei cassoni posti sotto la falda acquifera.

La silhouette finale della torre è la rappresentazione visiva della sua struttura: quattro immensi contrafforti inclinati l'uno verso l'altro, con il primo livello che evita che questi crollino l'uno contro l'altro, proseguono poi trasformandosi negli esili pilastri tra il primo e il secondo livello, per terminare negli esili e quasi verticali pilastri degli ultimi 190 metri della torre, che reggono il minuscolo ultimo livello, con la sua cupola e la sua asta di bandiera (oggi un'antenna televisiva). L'acciaio usato per questa torre, la cui altezza fu superata solo nel 1929 dal Chrysler Building a New York, è talmente poco che se la torre fosse appiattita fino a diventare una lastra delle stesse dimensioni della base, 1700 metri quadrati, il suo spessore sarebbe di soli sei centimetri³⁷. Gustav Eiffel, nel suo lavoro descrittivo "La Tour de 300 Metres" del 1889, fornisce delle precise indicazioni riguardo ai suoi calcoli, alla quantità di materiale utilizzato, nonché note dettagliate per l'esecuzione dei lavori.

Ma se da un lato la torre impersonifica la semplicità, l'effettivo assemblaggio dei suoi 15000 pezzi rappresentò un'impresa d'ingegneria senza precedenti. Le difficoltà maggiori per la realizzazione si sono avute per la congiunzione delle quattro basi principali al primo piano. Innanzitutto, per evitare il crollo dei quattro contrafforti ai piedi della torre, si dovette sorreggerli temporaneamente durante la costruzione, fino a quando non fu costruito il primo livello. A questo scopo Eiffel progettò quattro immensi puntelli di legno, che reggevano i contrafforti come fossero le mani di un gigante. Visto la scarsità di mezzi di precisione dell'epoca, è naturale che uno dei problemi tecnici più difficili che incontrò fosse quello dell'estrema accuratezza con la quale i quattro immensi contrafforti dovevano

³⁶ <http://www.tour-eiffel.fr/teiffel/fr/documentation/dossiers/page/construction.html>

³⁷ M. Salvadori, *Op. cit.*, pp. 148-149.

incontrare il primo livello ad un'altezza di 50 metri da terra; i giunti tra i contrafforti e la prima piattaforma richiedevano infatti una straordinaria esattezza. Se nell'inclinazione dei contrafforti ci fosse stato un errore di un solo decimo di grado, i fori per i rivetti sarebbero stati fuori di 12 centimetri e i giunti non si sarebbero potuti realizzare. Il genio costruttivo di Eiffel fu quello di trovare una soluzione a questo problema. Fece appoggiare ciascuno dei quattro pilastri che componevano i contrafforti d'angolo su un martinetto idraulico, che poteva essere regolato da due uomini che azionavano una pompa che a sua volta azionava un pistone. Controllando la quantità d'acqua nei cilindri dei martinetti, si poteva regolare con grande precisione la posizione della base di ciascun pilastro, che veniva poi bloccato con un cuneo di metallo posto tra il pilastro e la relativa pila di cemento.

Con un ancor più ingegnoso espediente, si raffinò la posizione della parte superiore dei quattro contrafforti. Nei punti dove i quattro contrafforti d'angolo erano provvisoriamente sorretti da immensi puntelli, Eiffel piazzò dei cilindri di acciaio, ciascuno ripieno di sabbia fine e con un foro alla base, e quattro martinetti in grado di alzare i contrafforti oltre i puntelli di legno. Nel caso un contrafforte fosse risultato troppo alto, anche di appena un centimetro, allora lo si abbassava facendo uscire della sabbia dal cilindro; nel caso un contrafforte fosse invece troppo basso, i martinetti lo alzavano fino a quando i buchi dei rivetti del contrafforte non coincidevano alla perfezione con quelli del primo livello. Una sbarra a sezione circolare veniva spinta in questi buchi fino a che l'allineamento non fosse perfetto; poi un rivetto, scaldato su una fucina portatile, veniva inserito nei buchi, per essere poi martellato a mano dal lato opposto alla sua testa; il giunto tra i due elementi si sarebbe poi rafforzato una volta che i rivetti si fossero raffreddati e ristretti. Naturalmente, perché i 15000 componenti fossero assemblabili con la necessaria precisione (come in realtà accadde), i disegni strutturali di ciascun componente dovevano essere estremamente accurati, e altrettanto la loro fabbricazione. Per il suo progetto Eiffel produsse 1333 metri quadrati di disegni.

Circa 100 anni d'uso ci consentono di appurare l'esattezza della struttura della torre. L'unica modifica strutturale apportata è stata l'apertura e il rinforzo di due fianchi dei pilastri scatolari tra il primo e il secondo livello, in modo da facilitarne l'ispezionabilità e la verniciatura, nonché la sostituzione di alcuni elementi che nel tempo si sono deteriorati.

Solo in due punti la sorprendente onestà strutturale della torre dovette far strada all'estetica dei tempi: dieci archi realizzati in acciaio furono costruiti attorno al primo livello a scopo puramente decorativo. Ovviamente andavano contro la linearità della struttura, e per questo furono rimossi, migliorando così l'aspetto della struttura. Purtroppo, la seconda concessione alla moda del tempo è ancora lì, sulla torre. Eiffel stesso, timoroso della reazione che il pubblico avrebbe dimostrato davanti ai contrafforti che poggiavano contro l'anello orizzontale del primo livello, aggiunse, sui quattro lati della torre e sotto il primo livello, quattro grandi archi decorativi, senza alcuna funzione strutturale. Pensava che questo avrebbe rassicurato i parigini circa il suo coraggioso progetto, ricordando loro i ben noti archi dei ponti

sulla Senna. All'osservatore disattento viene fatto credere che la parte inferiore della torre poggi su normali archi; in realtà, il loro ruolo è di confondere l'occhio distogliendone l'attenzione dall'azione dei contrafforti che poggiano sull'anello quadrangolare del primo livello. La terribile falsità di questi archi "portanti" diventa lampante, quando la loro parte inferiore, dopo avere appena toccato i diritti contrafforti, curva verso l'interno come fossero gli archi di una moschea. Queste quattro bugie dovrebbero essere rimosse, per motivi sia estetici che strutturali, ma oggi sono diventate parte della vera essenza della forma della torre³⁸.

Nel corso degli anni si è anche tentato di addobbarla in modo spettacolare: ha cambiato colore sei volte nel corso della sua vita e numerosi effetti di luce sono stati applicati in momenti differenti per decorarla anche solo per un giorno o per periodi di tempo più lunghi. Così dopo varie illuminazioni, l'ultima da oltre dieci anni, mette in evidenza la struttura interna.

Meno spettacolari, ma tuttavia visibili, sono gli interventi effettuati ai differenti livelli quali le varie costruzioni sul primo e sul secondo piano. Inoltre la copertura con tetto delle gallerie e dei ripari forniscono rifugio durante il maltempo e le passerelle coperte nelle fasi di sbarco degli imbarcaderi, senza contare i numerosi locali tecnici e di servizio o gli spazi situati sopra o sotto di questi³⁹.

Grazie all'ineccepibile sete di sapere scientifico di Eiffel, la torre divenne, durante la sua vita, un'importante stazione di studi meteorologici e, soprattutto, aerodinamici. Eiffel possedeva un appartamento nella torre e qui dedicò molto tempo ai suoi studi sulla giovane scienza del volo. Inoltre, egli stesso incoraggiò fortemente le ricerche sulle trasmissioni radio proponendo di utilizzare la torre come antenna radio monumentale. Dopo la prima emissione dei segnali radio verso il Pantheon nel 1898 da parte di Eugène Ducretet, Eiffel si mise in contatto con le autorità militari nel 1901 per fare della torre un'antenna di comunicazione a lunga distanza, cosicché un collegamento fu stabilito nel 1903 con le basi militari dei dintorni di Parigi ed un anno più tardi con l'est della Francia.

Una stazione radio permanente fu installata nel 1906, assicurando così definitivamente la sua sopravvivenza. Eiffel visse abbastanza per sentire nel 1921 la prima emissione della radio pubblica di Europa, diffusa dalle sue antenne.

La sommità della torre originariamente era costituita di due archi di traliccio che supportava la lanterna di un faro visibile al di là dell'orizzonte geografico. La stretta piattaforma all'aperto che sovrastava la cima era esattamente a trecento metri di altezza rispetto al suolo. Era dotata di un parafulmine a tre rami collegati al suolo con due grossi tubi metallici. La cima da allora è stata completamente trasformata ed oggi ospita parecchie decine di antenne di ogni tipo e un traliccio per la televisione che culmina a 324 metri. Le prime prove di segnale televisivo dalla torre risalgono al 1925 e le prime trasmissioni

³⁸ M. Salvadori, *Op. cit.*, pp. 150-151.

³⁹ <http://www.tour-eiffel.fr/teiffel/fr/documentation/structure/page/structure.html>

regolari cominciarono nel 1935⁴⁰. Con quest'ultima destinazione la torre sembra aver trovato definitivamente una sua dignità, dal momento che sin dall'inizio la sua costruzione non era legata a nessuno scopo, anzi appare proprio come la sua rivincita verso quella miriade di persone che l'hanno sempre detestata.

Nonostante diversi tentativi di imitazione, tra cui i più lampanti sono la Funkturm di Berlino e la Tokyo Tower, per 40 anni la torre Eiffel è stata la più elevata del mondo. Oggi vi sono numerosi grattacieli e almeno otto antenne televisive più alte del capolavoro di Eiffel. A Mosca una torre in cemento armato raggiunge i 540 metri, la Canadian National Railroad Tower a Toronto è alta 553 metri, con l'aiuto di un'antenna alta 90 metri. A Blanchard, nel North Dakota (*vedi Torre KVLV*), l'antenna è alta 629 metri, ma è un inganno, visto che fa uso di tiranti inclinati di acciaio e lo stesso vale per l'antenna TV di Varsavia, alta 645 metri.

Nei prossimi anni verranno certo costruite torri ancora più alte, visto che le scienze strutturali e aerodinamiche si fondano su conoscenze sempre più approfondite, ma queste torri non avranno mai lo stesso significato che ha avuto la torre Eiffel, prima per la Francia e poi per il mondo intero. Queste saranno costruite per uno scopo e non per un'idea; saranno circondate da attenzione, ma difficilmente potranno diventare dei simboli; mostreranno quanto è facile migliorare un primo traguardo, ma solo dopo che questo traguardo è stato possibile. I traguardi dell'uomo non sono fatti di sole cifre, e per questo la torre Eiffel rimarrà sempre "la torre più alta del mondo".

3.3 - La Fernsehturm di Berlino: metafora e ideologia

Nel corso degli anni, via via che le tecniche costruttive si evolvevano e nuovi materiali davano spazio a nuove soluzioni strutturali, alle travi reticolari ed alle grandi strutture in ferro si sono affiancate le prime torri in cemento armato, rinforzate in taluni casi anche da cavi metallici. D'altronde è noto che il cemento armato combina straordinariamente la forza di compressione del calcestruzzo e la forza di trazione dell'acciaio, permettendo così di raggiungere altezze elevate ed una grande resistenza alle sollecitazioni prodotte dal vento. È possibile, inoltre, ottenere le più svariate forme con vantaggi anche economici rispetto all'utilizzazione del solo acciaio.

Tra le tante torri di telecomunicazioni in cemento armato che sono state innalzate nelle varie nazioni del mondo, un caso emblematico è senza dubbio quello della Fernsehturm di Berlino, la cui storia è contemporaneamente legata a quella della Germania e della Berlino divisa e rappresenta il simbolo della città e della sua modernità.

La particolarità è data dalla sua posizione: ubicata nella centralissima Alexanderplatz, con i suoi 386 metri rappresenta volutamente l'edificio più alto della città per essere visto ovunque nella Berlino ovest.

⁴⁰ <http://www.tour-eiffel.fr/teiffel/fr/documentation/dossiers/page/radio.html>

La storia della torre televisiva, si può dire che, ebbe inizio con il terzo congresso del Partito Socialista Unitario Tedesco del 24 luglio 1950, allorché Walter Ulbricht, leader del partito, dovendo redigere i principi per una pianificazione territoriale e un nuovo stile per il nuovo Stato, si era appellato agli architetti ed ingegneri per le costruzioni da edificare al centro della città rasa completamente al suolo durante il conflitto mondiale. Sul luogo dove oggi sorge la torre vi erano i resti del palazzo reale, devastato anch'esso dalla guerra; questi furono rimossi in un'operazione che molti considerarono una follia architettonica ed economica ed un barbarismo culturale. Il vuoto rimasto al centro della città necessitava di essere riempito da un nuovo edificio che incarnasse le grandi speranze per il futuro. Inizialmente si pensava ad un colossale grattacielo statale eretto in stile "torta nuziale" Stalinista sul modello di quello realizzato a Mosca, cosicché numerosi edifici di questo genere furono sottoposti da architetti per le maggiori competizioni organizzate nel 1957 e rappresentarono parte del piano di trasformazione di Berlino nella capitale socialista, ma la mancanza di risorse economiche ne impedì la costruzione. Inoltre, vi era l'incertezza che un simile edificio sarebbe stato appropriato al luogo. Nel 1960 l'Unione Sovietica, che aveva pianificato per 30 anni di erigere un grattacielo a Mosca, il "Palazzo dei Sovieti", decise finalmente di scartare il progetto. Nel frattempo, nella Germania dell'Ovest ed in Scandinavia, i cui modelli politici e culturali avevano proposto una sfida forte al GDR, teatri, edifici pubblici e soprattutto centri per congressi iniziarono ad essere costruiti per finalità rappresentative.

Un'altra questione irrisolta ed urgente a quei tempi riguardava le telecomunicazioni, difatti durante gli anni del dopoguerra, la radio e la televisione rappresentavano i nuovi mezzi di comunicazione di massa. Occorreva, perciò, una torre di trasmissione alta nella parte orientale di Berlino per servire la popolazione del GDR e soprattutto per i berlinesi dell'est che altrimenti si sarebbero potuti sintonizzare facilmente sulle stazioni ideologicamente rivali, più potenti dell'ovest, giacché le radio potevano trasmettere dappertutto senza nessuna limitazione. La televisione, comunque, aveva ancora una rete insufficiente ed aveva bisogno di trasmettenti ed amplificatori ogni 100 km per assicurare una buona ricezione. Questi presero la forma di economiche e semplici strutture in acciaio poste, il più in alto possibile, su edifici, torri o rilievi. In alcuni casi furono eretti piccoli tralicci rinforzati in calcestruzzo, permettendo così di utilizzare unità prefabbricate il cui peso offriva il vantaggio aggiunto di ridurre i movimenti della torre causati dal vento.

Il progetto di erigere una torre per le telecomunicazioni a Berlino fu preso in considerazione fin dal 1952 con l'intenzione iniziale di costruirla sulle colline del Müggelberg Köpenik. Non prima che gli edifici periferici furono completati nel dicembre 1955, il Ministero degli Interni si rese conto che la torre era più utile nel nuovo aeroporto previsto a Schönefeld. Il servizio postale tedesco propose invece di erigere la torre nel parco Friedrichshains, ma le autorità non erano entusiaste per una tale soluzione sia per la bruttezza dei progetti presentati, sia per l'eventuale cantiere necessario per la sua costruzione che avrebbe provocato grossi disagi in quella zona e sia perché sarebbe stata un'occasione mancata da

parte del SED di erigere un monumento a se stesso nel centro della città. Nel 1964 Walter Ulbricht si convinse che la torre televisiva situata nel gran mezzo cittadino avrebbe rappresentato un'adeguata ed economica alternativa al monumentale grattacielo statale e avrebbe preso così "due piccioni con una fava": essa avrebbe finalmente simboleggiato lo stabilirsi del socialismo nella città in seguito alla demolizione del palazzo reale e avrebbe provveduto alle installazioni tecniche necessarie per l'emissione di programmi televisivi. Un modello architettonico già esisteva perchè disegnato da Hermann Henselmann in occasione della competizione cittadina del 1957, classificatosi al terzo posto dopo quello degli architetti Naumow e Kosel-Hopp. Henselmann era stato impegnato dal 1949 al 1960 alla costruzione di appartamenti allo Stalinallee, che avevano fatto di lui l'architetto più conosciuto del GDR. Inoltre la sua diplomazia e flessibilità artistica lo misero in buoni rapporti con Ulbricht. Il progetto di Henselmann comportò la completa ristrutturazione del centro medievale di Berlino che sarebbe diventato il "Foro delle Nazioni". Grattacieli, palazzi residenziali, "low-rise" e locali commerciali sarebbero stati costruiti insieme a piazze monumentali e edifici parlamentari sulle rive del fiume Spree. Tre edifici sarebbero stati legati tra loro: un edificio delle comunicazioni, il palazzo del Parlamento e la torre⁴¹. La sala delle comunicazioni, nella parte orientale del complesso si presentava come un ellissoide inserito in diagonale tra due curve di parabola. Un bacino d'acqua univa in modo permanente questa costruzione futuristica con il palazzo del Parlamento rivestito con lastre di bronzo. Sul lato opposto del fiume, si prevedeva una sala onoraria "low-level" vicino alla torre dei segnali che si sarebbe alzata verso il cielo come un razzo. Oltre ad essere usata come torre televisiva, la sua finalità principale era quella di essere un memoriale a Karl Marx e Friedrich Engels.

Sebbene nelle sue dichiarazioni Henselmann pone in primo piano l'idea di una torre televisiva con radiotrasmissione di onde direzionali e pone in secondo piano l'idea di monumento, la composizione per il Forum è contenuta in quest'idea: *Il popolo tedesco ha compiuto grandi gesta in passato e nonostante questo giace tra le rovine[...]. Una delle sue grandi gesta, probabilmente la più grande, è la nascita dell'idea socialista. Questa idea conduce altri popoli dal buio alla luce. Condurrà lì anche il nostro popolo. Perciò nella composizione del Forum la rappresentazione artistica di quest'idea ha la priorità [...]. Il monumento esprime artisticamente ciò che afferma la vecchia canzone dei lavoratori: Fratelli, al sole, alla libertà, Fratelli, alla luce. Sole, luce, libertà sono per il lavoratore i concetti afferrabili e che meglio esprimono il loro movimento. Perciò non si deve temere di collegare questi concetti con le funzioni tecniche della torre televisiva. Questa è la torre dei segnali*⁴².

Henselmann ha cercato di tradurre queste metafore in un'architettura suggestiva. Così come dal buio della terra si sopraggiunge alla luce del cielo la costruzione acquista la sua carica vitale man mano che si percorre per tutta la sua lunghezza. La base del fusto è spezzata e sembra scaturire direttamente da una fonte unendosi al resto dopo aver evitato di toccare il suolo per alcuni metri. Il massiccio fusto cresce a

⁴¹ H. Henselmann, *Die Gestaltung des Zentrums...* A.a.O., p.109.

⁴² H. Henselmann, *op.cit.*, p.108.

grande velocità. La sfera, relativamente piccola, può frenare appena questo movimento, cosicché trova una chiusura nella punta sottile che si perde nel blu del cielo. La parte centrale del fusto orientata verso occidente oscilla più in avanti rispetto al lato opposto e splende affianco alla sala di Marx ed Engels, così come le loro idee sembrano trovare una posizione più particolare: solo l'idea del comunismo conduce realmente dal buio alla luce. Henselmann ha cercato quindi di rendere i concetti "sole, luce e libertà" oggettivi e di rappresentarli al meglio. Le metafore sono state così ben rappresentate che Henselmann ha elencato le parole della canzone come motto nello schizzo del progetto.

La torre dei segnali ha anche altre connotazioni che Henselmann svela in un documento del 1994, riferendosi alla chiamata (radiotrasmissione) di Lenin fatta verso lo spazio, a conclusione della prima guerra mondiale. Accanto ai concetti filosofici che si ritrovano nella torre-monumento, Henselmann ha visto un'unione anche con la politica moderna: *"Qui la nostra generazione osa la conquista dello spazio, io voglio in questo cielo tempestoso rappresentare attraverso un monumento ed esprimere attraverso l'architettura, l'impresa delle persone che sono, a mio dire, collegate alle idee di Marx ed Engels"*. Con la partenza del primo satellite spaziale Sputnik 1, il 4 ottobre 1957, l'Unione Sovietica aveva vinto la "corsa nello spazio" contro l'USA e lo Sputnik era un simbolo delle idee socialiste, poiché il sistema sociale del capitalismo non solo ideologicamente, storicamente e socialmente, ma anche tecnicamente era stato superato. Lo Sputnik era un argomento importante in questa fase della guerra fredda e i "vincitori del cosmo" furono rappresentati negli anni seguenti in parecchi monumenti. A tal riguardo il monumento di Henselmann era una creazione legittima per il suo tempo e la "torre dei segnali" era probabilmente lo spostamento plastico creato per onorare il "volo delle lune rosse nello spazio"⁴³. Lo Sputnik 1 ha ispirato la parte superiore della torre, infatti la sua forma è quella di una sfera che ben si adattava come simbolo del progresso socialista; molti progetti simili sono stati presentati nel 1967 all'Esposizione Mondiale di Mosca. Henselmann poté risalire alle bozze pubblicate nel 1927 da Ivan Leonidow per l'Istituto di Lenin a quelli di Peter Birkenholz per il palazzo delle Nazioni Unite a Ginevra. È molto probabile che egli si sia riferito anche alla prima casa tedesca a forma di palla presentata dall'architetto tedesco Peter Birkenholz nel 1928 per la mostra di Dresda, così come le opere utopistiche di Etienne-Louis Boullé e Claude-Nicolas Ledoux che avevano ideato edifici a forma sferica.

Il progetto urbano di Henselmann s'ispirava ai disegni sviluppati per il centro di Stoccolma, per la ricostruzione a Rotterdam di un centro affari a Lijnbaan limitato da edifici residenziali, e per la spaziosa ed emotiva architettura modernista della piazza dei "Tre Poteri" a Brasilia. Punto di partenza per il disegno della torre, invece, fu quella già esistente di Stoccarda, la "Stuttgarter", alta 217 metri e sorta tra il 1954 ed il 1956 dal progetto degli architetti Fritz Leonhardt ed Erwin Heiule. Nella sua torre Henselmann unì quindi i simboli che illustravano il successo del socialismo nell'Unione Sovietica, le

⁴³ *Fernsehturm Hauptstadt Berlin*, in *Neues Deutschland* vom 13. Febbraio 1965, p.8.

pareti rastremate della torre che fungono da metafora per la velocità, con l'entusiasmo contemporaneo per i viaggi spaziali.

Una volta che il Politburo, l'organo supremo del potere del GDR, approvò la costruzione della torre televisiva, tutto andò molto speditamente. Il modello per la torre fu accettato dal Ministero delle Poste e Telecomunicazioni nel dicembre del 1964 e il SED Politburo votò a favore nel febbraio del 1965. La proposta di Kosel che prevedeva la sfera dorata, fu rifiutata e questo ha indubbiamente aumentato la dignitosa eleganza della torre. I cambiamenti apportati dall'ufficio progetti VEB (IPRO) diretti da Fritz Dieter e Gunter Franke, diedero alla torre un'apparenza esteticamente più soddisfacente e più rilevante, consentendone una rapida costruzione. L'esperienza di quest'azienda, specializzata nella costruzione di camini e torri di raffreddamento, aiutò a superare il problema delle difficili casseforme. Gerard Kosel, presidente della scuola d'Architettura promossa dal SED, contribuì con alcune proposte in merito, dividendo la torre in accordo con la classica regola della sezione aurea.

Il progetto della torre fu annunciato il 13 febbraio sul Neues Deutschland, il giornale del partito SED. I lavori di demolizione sul sito iniziarono dopo appena tre settimane per terminare nell'aprile del 1965. Gli scavi per le fondazioni cominciarono ad essere eseguiti agli inizi di maggio senza permessi ufficiali di costruzione che furono garantiti solo alla fine dell'anno. Era già noto che il costo avrebbe ecceduto la cifra di 33 milioni di marchi tedeschi, preventivati inizialmente dal Politburo. Almeno 6,3 milioni di marchi furono spesi per espropri, trasferimenti e compensazioni per i residenti. Nell'ottobre del 1965 fu annunciato che la torre sarebbe costata almeno 41 milioni di marchi, a causa delle complicazioni per la costruzione della sfera. Di conseguenza Kosel dovette dimettersi dall'incarico di preside della scuola d'Architettura all'inizio del 1966, ma i lavori continuarono comunque per una questione di prestigio. L'insuccesso era fuori questione, anche se l'inaugurazione prevista per il 1968 fu spostata di un anno.

Le fondazioni furono completate nel dicembre del 1965 e formano una solida ancora per la base della torre permettendone il leggero ondeggiamento senza che possa rovesciarsi. Il lavoro dei rimanenti 20 metri rastremati della base fu completato il 30 marzo 1966. L'aspetto del fusto esterno, generato dal cemento grigio chiaro gettato nelle casseforme che gli conferiva un effetto rigato, è stato ripulito nel 1999 facendolo apparire abbastanza monotono, poichè la luce non è più catturata dal calcestruzzo, ma rimbalza via dalle curve. La sua altezza di 176 metri si assottiglia passando dai 16 metri di diametro della base ai 9 della punta ed è diviso in cinque grandi sezioni dai piani intermedi, riconoscibili dai piccoli oblò. Il traguardo dei 100 metri fu raggiunto in tempo per la giornata nazionale del GDR, il 7 ottobre 1966, e l'altezza finale di 248,78 metri il 16 giugno 1967.

I padiglioni furono costruiti tra il 1968 ed il 1972. Avvolti all'esterno in modo espressivo, formano un ampio orizzonte contrapposto all'austero fusto. I loro tetti in cemento, che si piegano su e giù come le ali di un uccello, evocano l'euforia dell'aviazione del periodo post bellico. Immagini architettoniche come questa furono una caratteristica del modernismo internazionale dopo la seconda guerra mondiale:

un uccello ad ali spiegate fu preso come modello per il piano regolatore di Brasilia, così come la copertura dell'edificio universitario di Leipzig ha la forma di un libro aperto.

Ad ovest dell'edificio, ai piedi della torre c'è una gorgogliante cascata che cade nella piazza adornata di fiori e filari d'alberi, costruita intorno ai vivaci schizzi della fontana neobarocca di Nettuno, creata tra il 1886 ed il 1891 da Reinhold Begas, uno dei più famosi scultori tedeschi di quel tempo. Dalla sua posizione iniziale, di fronte al Palazzo Reale di Berlino, la fontana fu spostata nella posizione attuale nel 1969 sull'asse tra la città di Berlino e la torre televisiva. Nell'anno 2000, successivamente ai lavori di restauro, i padiglioni intorno alla torre divennero negozi, un gran ristorante della catena "Alex" e nel Mitte Media Centre uffici e studi per stazioni radio (Hundert 6) e televisive (TV Berlin). Al loro interno vi è una hall d'ingresso attraverso la quale si accede ad un ponte che conduce alla torre che è servita da due ascensori, che sono tra i più veloci in Europa (il più veloce è nella torre DaimlerChrysler in Potsdamer Platz): salgono 203 metri in 40 secondi. Un terzo ascensore più piccolo è riservato al personale Telekom. Tutti e tre si trovano al centro della torre insieme ad una scala d'emergenza e agli impianti per le trasmissioni e l'illuminazione. Gli ascensori sono supportati da una struttura d'acciaio, usata come gru durante le varie fasi di costruzione della torre. La scala d'emergenza di 986 gradini, permette ai visitatori ed al personale di poter scendere dalla torre in caso d'inagibilità degli ascensori.

Passando poi alla costruzione della sfera, si può affermare che essa è un vero capolavoro, unico nel suo genere. Henselmann aveva solo una vaga idea di come costruirla a 200 metri d'altezza e come provvedere al necessario isolamento e ad una durevole protezione contro gli agenti atmosferici.

Dopo prolungate discussioni, l'IPRO ebbe "una semplice ma ingegnosa idea", ovvero di costruire l'involucro della sfera con tanti singoli gusci. La struttura di sostegno in acciaio fu fabbricata a terra. Dal 29 marzo 1968 in poi, è stata sollevata dalle gru in segmenti separati, fissati poi alla piattaforma anulare sul solido fusto. La gigantesca costruzione di 32 metri di diametro al cui interno si elevano sette piani, fu poi sospesa alle travi di collegamento dando l'impressione che si librasse nell'aria. Sulla struttura fu poi disposto l'involucro esterno, la cui similitudine alla sfera terrestre ne ha caratterizzato il disegno; difatti in essa si evincono i paralleli, curve determinate da ventitré sezioni di piani ortogonali all'asse, e sessanta circonferenze massime dei meridiani, ricavati dalle sezioni del fascio di piani passante per lo stesso asse. Entrambi danno luogo a delle figure geometriche trapezoidali, in parte adattati a finestrate e in parte costituenti un bugnato di scintillanti piramidi argentate che sporgono di 15 centimetri dalla superficie. Nella rappresentazione assonometrica ortogonale i meridiani, che si configurano come metalliche ganasce, liberano la sfera dalla materialità della sua corazza, rendendo ben visibile, via via che si percorre la torre lungo l'asse verticale, le linee dei suoi contorni e le lossodromie ottenute congiungendo i punti dei vertici delle "piccole piramidi" interposte fra essi. Cerchi anulari, ricavati ad intervalli regolari dalle sezioni orizzontali del fusto, e porzioni di piani costituenti il sistema verticale di scale rendono più evidente l'intersezione di quest'ultimo con la sfera. Nella realtà le piramidi riflettono

il sole e producono l'imprevista immagine di una croce sulla sfera alla quale i berlinesi hanno assegnato il nome di "vendetta di Santa Maria"; difatti la vicina chiesa Marienkirche, sopravvissuta agli attacchi bellici, risultando offuscata dall'imponenza della torre troverebbe in questo modo la sua rivincita. Altri termini ironici dati alla torre erano "St. Walter's" (dopo Walter Ulbricht) e "Razzo di Dio". Una leggenda afferma che si programmava di demolire la torre a causa dell'effetto della croce, ma non è mai stato dimostrato. Nel 1969 un informatore dei servizi segreti, durante i lavori di pulitura, pensò seriamente, benché futilmente, a come risolvere il problema della riflessione della luce. Le piastre per il rivestimento esterno furono importate dalla Germania dell'ovest (Stahlwerke Sudwestfalen AG Dillenburg) poiché l'acciaio inossidabile di alta qualità non era disponibile nella parte orientale. Anche le luci d'avvistamento per gli aerei e le luci direzionali arrivarono dalla Germania dell'ovest, mentre il Belgio provvide alle finestre isolanti e la Svezia agli ascensori e agli impianti di condizionamento. Queste importazioni fecero sì che la torre costasse molto di più delle previsioni originali. Alla fine del 1967 il costo stimato salì a 94,2 milioni di marchi, più del doppio di quello previsto nel '65. Due anni dopo l'intero importo salì a 103,5 milioni di marchi e dopo l'apertura ufficiale della base della torre il costo definitivo raggiunse i 130 milioni di marchi. L'installazione della sfera fu in seguito completata nell'ottobre del 1968 e i lavori di rifinitura interna ebbero inizio in quel momento. Ognuno dei piani della sfera ha una propria funzione specifica: al piano inferiore alloggia il costoso sistema di aria condizionata per le installazioni trasmettenti ed i ristoranti; a quello successivo è situato il salone panoramico ed il ristorante girevole, i cui rivestimenti originali delle pareti e del soffitto furono sostituiti con materiali difficilmente infiammabili durante il lavoro per la rimozione dell'amianto nella torre tra il 1995 ed il 1996 facendo, di conseguenza, perdere la sua atmosfera tipica degli anni '60; al di sopra ancora si trova il sistema di rifornimento delle installazioni trasmettenti; più in alto infine ci sono tre piani riservati agli equipaggiamenti per le radio e le televisioni. È da qui che lo staff della Deutsche Telekom ha libero accesso fino al fusto d'acciaio dell'antenna, alto 118 metri e di diametro di 6 metri fino a 1,6 alla sommità. L'uso di un pendolo di 1,5 tonnellate permette l'oscillazione di 60 cm dell'antenna durante i venti più violenti e di 1,5 cm del piano caffè. I lavori esterni della torre televisiva furono completati il 30 ottobre 1968. La torre assunse il suo aspetto definitivo con il sottile fusto ascendente dal suolo, i sette piani, la sfera d'argento sfaccettata con la sala panoramica, i ristoranti, le installazioni tecniche e l'antenna d'acciaio rossa e bianca in cima.

Sin dall'inizio la torre è stata usata per le trasmissioni radiofoniche e televisive nell'area vasta di Berlino. La sua apertura ufficiale il 3 ottobre 1969 permise al secondo canale della televisione GDR di iniziare le trasmissioni a colori. Oggi 20 stazioni televisive (16 delle quali stanno testando la trasmissione digitale terrestre) e 17 stazioni radio utilizzano la torre. Mentre i tecnici a metà altezza della sfera (210 m.) testano il corretto funzionamento delle trasmissioni, i visitatori pochi metri sotto, nel piano panoramico, possono godere della sorprendente vista panoramica dalla collina Teufelsberg verso ovest

alle colline Müggelberge verso est. Proprio al di sotto c'è l'Alexanderplatz completamente ridisegnata negli anni '60, con il suo pavimento decorato a spirale, gli alti hotel, i grandi magazzini a forma di cubo e due edifici amministrativi progettati da Peter Behrens nel 1920.

Più di 38 milioni di persone hanno visitato la torre dal giorno della sua apertura e la maggior parte di loro sono berlinesi o comunque tedeschi, mentre circa il 25% sono stranieri⁴⁴.

La costruzione della Fernsehturm, al di là dei suoi molteplici simbolismi e della sua "tormentata" storia, è stata rilevante per il suo artificio tecnologico realizzato nella parte sferica, perché ha permesso di spianare la strada a nuove tecniche adoperate nelle costruzioni delle torri susseguites che, dovendo superare la quota necessaria per allocare gli impianti tecnici più in alto possibile, sfruttano adeguatamente le loro cime per dar luogo ad affascinanti microuniversi (belvedere, ristoranti, casinò, ecc.), quasi a volerci far sradicare le nostre radici da terra, anche solo per un attimo, e farci ritrovare con la testa fra le nuvole sospesi nell'aria.

3.4 - Forma e struttura: la torre di Collserola

La recentissima torre di Collserola a Barcellona ha rappresentato, nello scenario delle torri di telecomunicazioni, un'innovativa evoluzione di forme e soluzioni tipologiche, rese possibili dall'uso di nuovi materiali e artifici costruttivi, successivi solo alla torre di Sydney, benché quest'ultima si presenti ancora nell'aspetto classico.

La Torre è situata nel "Turó de la Vilana", sulla Sierra di Collserola, tra le colline del Tibidabo e Vallvidrera ed è formata da una struttura di 268 metri di altezza che si eleva dalla quota 0 del Turó, a 445 metri dal livello del mare. Durante la sua storia, questi luoghi sono stati zone di ozio, turismo e attrazioni, tutti aspetti questi che compie anche la torre ed il servizio che offre. La sua integrazione nell'ambiente è perfetta proprio in tal senso. La Sierra di Collserola è la catena di montagne che, parallela al litorale, funge da sfondo alla città di Barcellona: i suoi rilievi e le nuove costruzioni, tra cui la torre stessa, ne disegnano lo sky line. In questo luogo che, con i suoi 512 metri di altitudine rappresenta il punto più alto della città, si svolsero l'Esposizione Universale del 1888 e l'Esposizione Internazionale del 1929, durante le quali sono sorti diversi alberghi, ristoranti, un parco di attrazioni inaugurato nel 1906 ed il santuario del Sacro Cuore; ad esso si arriva con un tram o con una funicolare, la prima costruita in Spagna nell'anno 1901. Con lo svilupparsi delle radiocomunicazioni, questo sito ha attratto numerose installazioni radioelettriche ampliando la sua offerta di ozio e svago oltre il suo spazio fisico.

La prima installazione radioelettrica sulla cima del Tibidabo fu quella della stazione radiofonica (Onda Media) Radio Barcellona EAJ-1, che iniziò la sua emissione il 15 ottobre del 1924, con le antenne installate nello stesso edificio degli studi: l'hotel Colón, in plaza Cataluña. Dovendo ampliare la zona di

⁴⁴ P. Müller, *Symbol mit Aussicht. Die Geschichte des Berliner Fernsehturm*. Berlin, 2000.

copertura ed evitare le interferenze di un'altra stazione radio si collocò qui un trasmettitore di maggior potenza: non fu che l'inizio. In breve tempo si collocarono altri impianti emittenti FM e TV della "Corporació Catalana de Ràdio i Televisió" e della televisione spagnola RTVE, ecc.. Un censimento realizzato agli inizi del 1991 segnalava nella zona, a parte le stazioni radio pubbliche di TV e FM, l'esistenza di più di 200 apparati radioelettrici anche illegali. La Torre di Collserola ricevette il suo impulso decisivo nella cornice delle trasformazioni urbane che presero l'avvio a Barcellona per i Giochi Olimpici dell'anno 1992.

Agli inizi degli anni ottanta, quando a Madrid si progettò e costruì la "Torrespaña" in cemento armato, RTVE propose un'analoga costruzione sulla cima del Tibidabo, per sostituire l'insufficiente torre metallica in uso fino a quel momento. Si percorsero due vie: da un lato l'"Ayuntamiento" di Barcellona e dall'altro la "Sociedad General de Aguas", proprietaria del terreno. Le riunioni col Municipio procedettero velocemente, RTVE poteva avere la sua torre in un paio di anni e si giunse all'accordo di indire un concorso di idee per il suo progetto per il quale, alla fine di novembre del 1982, furono invitati a partecipare sette gruppi di architetti. La giuria sarebbe stata formata da sei membri, nominati in parti uguali dal Municipio e dalla RTVE. Per la presidenza della giuria fu invitato il decano della Scuola degli Architetti di Barcellona. Fu redatto il "fascicolo di base" per il design della Torre e si arrivò perfino a preparare una serie di modellini in legno che raccoglievano quattro possibilità, ma la mancanza di finanziamenti provocarono la sospensione del concorso.

A quei tempi, anche la società "Telefónica" era interessata ad una installazione alla cima del Tibidabo, infatti dovendo affiancare una seconda torre alla stazione situata in San Pedro Màrtir, presentò all'organismo a cui era affidato la pianificazione urbanistica, la "Corporación Metropolitana de Barcelona", un documento intitolato "Proposta di costruzione della torre di telecomunicazione di Barcellona", datato settembre 1985. In esso già si annunciava che la torre sarebbe stata "un'opera singolare" che poteva "coprire un ambito più ampio rispetto alle necessità richieste dalle comunicazioni [...] di altre entità che attenevano alla città di Barcellona" e si faceva riferimento ad "accettare la sfida che, in materia di telecomunicazioni, potevano offrire i giochi olimpici del '92".⁴⁵

La collocazione, studiata da "Telefónica", era subordinata all'ubicazione delle stazioni collaterali dei ponti radio e alla diretta visibilità con i punti di Barcellona e le altre città dell'area metropolitana. Il luogo proposto fu il Turó della Font Gropa, a quota 446 m. La torre avrebbe avuto un'altezza di 225 metri, con una "cabina" di cinque piani e piattaforme ed anelli per l'installazione di antenne; alla base un edificio annesso di due piani di 1.000 m² ognuno, adattato all'orografia del terreno. Nel frattempo i servizi della "Corporación Metropolitana" iniziarono il processo di analisi urbanistica sulle distinte collocazioni possibili e le pianificazioni necessarie per procedere alla qualificazione dei terreni mediante un piano speciale in accordo con i parametri richiesti. La scelta del luogo fu definita da una serie di

⁴⁵ *La torre de Collserola, SA. Barcelona, 2002, p. 30.*

condizioni paesaggistiche, geologiche e restrizioni aeronautiche, infatti, nel caso della Font Gropa, la direzione generale dell'Aviazione Civile non autorizzò tale sistemazione a causa dell'interferenza che l'altezza della torre provocava all'area di volo della vicina pista dell'aeroporto. Altre alternative erano la cima del Tibidabo, dove sarebbe bastata una torre alta 174 metri, e il Turó de la Vilana con una torre di 228 metri. Nel primo caso sarebbe stato difficile incastrare l'edificio ausiliare nella sagoma della montagna per il quale erano necessari maggiori scavi, mentre nel secondo, nonostante le difficoltà urbanistiche e orografiche, la collocazione presentava meno inconvenienti. A seguito di varie riunioni, il 24 marzo del 1986 fu finalmente raggiunto l'accordo tra il direttore generale delle telecomunicazioni e le parti interessate nella torre: Telefónica, RTVE, Iniciatives e la Corporación Metropolitana; accordo che sfociò l'8 ottobre 1987 nella formazione della società "Torre de Collserola Sociedad Anònima". La direzione generale delle Telecomunicazioni avrebbe garantito, oltre ad obblighi e garanzie delle parti, un design tecnico adeguato alla torre. L'equipe tecnica di Telefónica e RTVE redisse i parametri basilari, tecnici ed economici per un'infrastruttura che non riunisse solo queste due società, ma che permettesse di accentrare in essa altre attività di telecomunicazione dislocate altresì nella Sierra di Collserola. Nel progetto la torre presentava un design classico, con fusto, cabina, piattaforme aperte e un traliccio per le antenne. Inizialmente furono definite le quote e i diametri della torre necessari per ciascun servizio, destinando la parte per la radiotelefonìa tra i tratti di banda FM e UHF, così come era usuale fare nelle torri di telecomunicazioni europee. L'altezza del centro elettrico dell'antenna VHF doveva essere la stessa dell'antenna VHF in servizio al Tibidabo, cioè alla quota di 162 metri, pertanto l'inizio del tratto di antenne dovendosi situare a 158 metri sul Turó de la Vilana e dovendo coprire una lunghezza di 110 metri, comportava che l'altezza della torre raggiungesse un totale di circa 268 metri, ammissibili dalla direzione generale dell'Aviazione Civile. Anche in questo caso, il corpo centrale doveva essere costituito da cinque piani. Contigui o alla base della torre, invece, dovevano trovarsi degli edifici ausiliari destinati agli impianti di trasmissione e ai sistemi di alimentazione elettrica. Le valutazioni fatte finora sono poi state sviluppate nei successivi concorsi e sono attualmente presenti nella torre. Si nota che lo studio preliminare non includeva il "Mirador público", desiderato fortemente dall'autorità locali, ma a cui si mostravano riluttanti, per ragioni di sicurezza, gli operatori di telecomunicazione. Esso fu oggetto di uno studio complementare, giacché la sua realizzazione comportava delle modifiche al disegno descritto nel documento dei parametri basilari e determinava una ripercussione economica. Dal primo momento, la "Corporación Metropolitana" considerava indispensabile la realizzazione del "Mirador" per compensare l'aggressione paesaggistica e per restituire alla città uno spazio pubblico, altrimenti privatizzato dalle radiocomunicazioni, avvicinando in questo modo il cittadino alla torre e creando un'installazione che avrebbe dato vita al parco centrale dell'Area metropolitana di Collserola. In alcuni paesi era usuale disporre di un belvedere, ma non in Spagna, tanto meno nelle installazioni di telecomunicazione, per le quali prevaleva il criterio di massima sicurezza. Tuttavia, questo requisito

dovette aggiungersi nel progetto definitivo comportando un incremento dei costi del 18%. Agli azionisti della società della torre, successivamente si aggiunse anche la “Corporació Catalana de Ràdio i Televisió” proprietaria del terzo canale regionale della Catalunya, TV3.

Nel novembre del 1987, definite quindi tutte le basi del progetto e costituita la società della torre di Collserola, il Municipio convoca un concorso di idee tra progettisti di fama internazionale. Furono invitati Caria Buxadé con Joan Margarit, José Antonio Torroja, José Antonio Fernández Ordóñez, Santiago Calatrava, Ricardo Bofill e Norman Foster; benché essi fossero impegnati nei grandi concorsi per le opere previste dagli avvenimenti del 1992 (Giochi Olimpici di Barcellona ed EXPO di Siviglia), la risposta al concorso fu soddisfacente, infatti i sei invitati risposero alla convocazione e, finito il termine di presentazione (30 aprile 1988), furono consegnati quattro progetti di gran livello qualitativo e con soluzioni molto diverse, dai concetti più classici in quanto a torri, fino a soluzioni strutturalmente molto innovative. I progetti presentati erano di Carie Buxadé con Joan Margarit, Santiago Calatrava, Ricardo Bofill e Norman Foster.

Il 25 maggio 1988, la proposta di Norman Foster che incorporava un avanzato calcolo strutturale della società d'ingegneria Ove Arup Associates, fu all'unanimità eletta vincitrice “in base ai seguenti criteri:

1. La singolare immagine della proposta come risultato dell'utilizzo del linguaggio della tecnologia e la ricchezza del trattamento formale e compositivo che la soluzione proponeva.
2. L'innovativa soluzione costruttiva della torre che permetteva di minimizzare l'impatto nel paesaggio, tanto nel risultato finale dell'opera come nel suo processo di esecuzione.
3. A questo deve aggiungersi la soluzione proposta per gli edifici annessi che, grazie alla loro posizione e interrimento quasi totale, garantivano una scarsa perturbazione del mezzo e allo stesso tempo la creazione di un attraente edificio-ponte che contribuiva a potenziare, con la sua forma semplice, il luogo dove la torre doveva stanziarsi.
4. La flessibilità del progetto ad adattarsi alle attuali esigenze tecniche del programma, così come la sua possibile variazione nel tempo, dovuto alla sua concezione tecnologica e costruttiva.
5. La capacità della soluzione esposta per adattarsi alle esigenze tecniche indicate dalla commissione esaminatrice durante il processo di studio dei progetti, senza modificare l'idea originale del progetto".

Foster prevedeva questa torre come “scultura pura... l'ago più sottile su uno skyline sensibile”. Quando deve pensare a come essa dovrà essere, dapprima esegue uno schizzo comparando tale struttura ad una ciminiera di una fabbrica, simbolo di una cultura industriale obsoleta. Pensa, poi, alla torre Centrepont di Sydney, in cui l'esile fusto di cemento è stabilizzato da una serie di cavi ed ancora ad un fusto d'acciaio. Fondamentalmente sa che le telecomunicazioni sono un campo di cambiamenti costanti e veloci. Pertanto la flessibilità deve essere un requisito vitale del progetto.

La torre comportava infatti alcune novità rispetto alla concezione delle tradizionali torri di telecomunicazioni perché, mentre in queste le parabole erano solitamente collocate nelle parti aperte

delle piattaforme e gli apparati radioelettrici insieme ai sistemi di alimentazione di tensione continua all'interno di una cabina, in quella di Collserola tutto veniva disposto allo stesso livello, consentendo indubbiamente numerosi vantaggi. Alla luce di tutto ciò fu necessario rivedere i disegni per meglio adattare le necessità tecniche espresse inizialmente per la torre "classica" alle nuove possibilità e caratteristiche. L'orientamento fu fissato in modo che una facciata fosse diretta verso il centro geografico della città di Barcellona, posizionando uno degli ascensori, che dà accesso al "Mirador", in quella stessa direzione.

Il triangolo equilatero dai lati curvi, che dà forma alle piattaforme della torre, si trasformò in un elemento fondamentale per il suo disegno, infatti esso si ripete anche in altri componenti, visibili ed invisibili: le fondazioni a zattera in cemento armato di 370 m², il patio situato alla sua base e la "reception" all'ingresso hanno questa stessa forma, che Foster giustifica come il compromesso tra il triangolo, che dà fisicamente stabilità alla torre, ed il desiderio degli ingegneri di disporre di piattaforme circolari per garantire l'omnidirezionalità dei segnali. Proprio questi aspetti hanno ispirato la rappresentazione di questa torre, ricostruendo nella sua interezza la matrice geometrica individuata dal cerchio. Ogni livello è costituito da tre circonferenze, mutuamente intersecate e contraddistinte dai colori RGB (Red, Green, Blue – Rosso, Verde, Blu), corrispondente ai pixel di un monitor televisivo, proprio a rappresentare le onde elettromagnetiche radiotelevisive e la loro propagazione secondo gli infiniti piani orizzontali. La loro molteplicità, data dal susseguirsi delle varie piattaforme e dunque delle varie circonferenze ad esse appartenenti, nonché la particolare vista prospettica a volo d'uccello ha consentito di evidenziare ancor più la dinamicità di tali onde, permettendo così di "trasmettere" all'osservatore il loro effetto di propagazione anche nella terza dimensione.

Definito il progetto preliminare i lavori proseguirono nella seconda fase con lo studio geologico e le prove di resistenza eolica. Rispetto al primo studio, la soluzione iniziale dell'ancoraggio dei tiranti esterni, a cui la torre ricorre per il suo equilibrio, comportò una modifica sul numero di tiranti da utilizzare che da tre passarono a sei e che, fissati mediante degli agganci ramificati, penetrano obliquamente nella pendenza del Turó de la Vilana tramite massi di cemento, la cui forma incrementa l'azione di gravità e aumenta la sua trazione. Lo studio degli effetti del vento, eseguito su modellini, diede un risultato molto soddisfacente, escludendo qualsiasi rischio di accelerazione orografia e comprovando il magnifico comportamento dell'aerodinamica della struttura fino a venti di 320 km/h.

Si passò quindi alla fase esecutiva in cui si incaricava Foster e la società Over Arup & Partners a sviluppare i dettagli architettonici, i calcoli strutturali, la preparazione delle varie fasi costruttive e le specificazioni tecniche che doveva compiere il costruttore per portare a buon fine l'opera.

L'11 gennaio 1990 fu concessa la licenza delle opere che permise d'iniziare la costruzione principale, sebbene la licenza dell'edificio ausiliare era subordinata all'approvazione definitiva di un nuovo piano speciale per il quale si dovettero aspettare ancora dei mesi. Il giorno 28 marzo dello stesso anno

incominciarono i lavori, con l'atto ufficiale della "Prima Pietra", a cui fecero seguito gli scavi per le fondazioni.

Il termine previsto per la fine dell'opera era di diciotto mesi, ma a causa del ritardo della concessione della licenza d'opera, per la preparazione del progetto esecutivo e in particolar modo per il processo costruttivo del montaggio e dell'innalzamento delle piattaforme della torre, la durata dei lavori di costruzione fu di ventiquattro mesi. I socio-utenti iniziarono l'installazione dei propri servizi prima che si finisse la costruzione, entrando ad occupare i propri spazi esclusivi nell'edificio ausiliare il 7 ottobre 1991 e le stazioni radio e televisive poterono iniziare le proprie emissioni il 4 giugno 1992. Finalmente, il 27 giugno 1992, ebbe luogo l'inaugurazione ufficiale del Complesso di Comunicazioni della Torre di Collserola. Esso fu completamente operativo nel periodo dei Giochi Olimpici, costituendo un elemento basilare come supporto dei vari servizi di telecomunicazioni. Alla fine di questo evento si ritornò al lavoro completando le opere di urbanizzazione e di riforestazione. Con l'inizio della liberalizzazione delle società radiotelevisive e telefoniche, si collocarono sulla torre anche altre società private, dimostrando la flessibilità della torre stessa ad adattarsi a nuove realtà e ad offrire, fra tutte le possibilità tecniche, le più idonee ai servizi richiesti, mantenendo fede alla volontà iniziale di concentrare in essa diverse attività e sistemi che richiedessero una posizione elevata.

La torre, così come da progetto e così come la si può osservare oggi, è costituita da cinque elementi o sottosistemi strutturali: un fusto di cemento, un albero metallico, un blocco di piattaforme, distanziatori metallici pretesi e tiranti in fibra organica. Le piattaforme sono tredici, ognuna delle quali ha una superficie di 421 m², di cui la prima e la seconda sono interamente aperte, altre dieci chiuse approssimativamente al 50% della superficie, mentre quella del "Mirador", situata alla decima piattaforma ad un'altezza di 115,5 metri dal suolo, è chiusa da una vetrata. Per le piattaforme, il progetto iniziale prevedeva la loro costruzione da terra, attorno al fusto, per poi essere issate ed ancorate alla sua posizione definitiva sezione per sezione, ma nel progetto esecutivo si preferì costruirle sempre da terra in un unico blocco completo di 67,5 metri. L'ancoraggio al fusto avviene in dodici punti, tre all'altezza di ognuna delle piattaforme 1, 5, 9 e 13. Le piattaforme sono legate tra loro da elementi verticali e trasversali. Quella inferiore è tesa da un insieme di nove cavi di acciaio pretesi e precompressi, ancorati al suolo nei vertici della piattaforma.

Il fusto di cemento è una colonna di 205,5 metri d'altezza a sezione anulare, con un diametro interno costante di 3 metri, appoggiato su una placca dello stesso materiale. Lo spessore delle pareti, e pertanto il diametro esterno del fusto, presenta diversi valori. Fino a quota 162,5 metri, lo spessore è di 75 centimetri, il diametro esterno del fusto di 4,50 metri; nei seguenti 18 metri lo spessore è di 50 centimetri, il diametro esterno del fusto 4 m, ed il resto ha un spessore di 30 centimetri e diametro esterno del fusto 3,60 metri. Il fusto termina con un "tappo" che serve da ancoraggio per i tiranti. Esso è posto in una platea incavata di 20 metri nel Turó de la Vilana. Al suo interno sono situati, oltre ad una

scala d'emergenza, i cavi di telecomunicazione, mentre i cavi di corrente che alimentano le piattaforme scendono al suo esterno per una maggiore sicurezza.

L'albero metallico è il prolungamento naturale del fusto di cemento e funge da supporto per le antenne emittenti. Si tratta di una struttura tubolare di acciaio di 38 metri d'altezza, con una base inferiore e superiore rispettivamente di 2,70 e 2,20 metri di diametro. Si prolunga con un traliccio di sezione quadrata, lungo 37 metri, con i lati al tratto inferiore di 1,50 metri ed al tratto superiore di 90 centimetri. Insieme culminano alla sommità col braccio di una gru pieghevole, che posta in posizione verticale rappresenta i 7,50 metri finali della torre.

La struttura tubolare e il traliccio d'acciaio da porsi in cima alla torre furono posti all'interno del fusto di base, quando questo aveva raggiunto l'altezza di 47 metri di costruzione, per poi essere estratti e sollevati, successivamente, fino al punto della loro collocazione.

La torre è servita per tutta la sua lunghezza da due ascensori a cremagliera, uno di servizio e l'altro che permette al pubblico l'accesso al belvedere, e da due scale d'emergenza, una interna e l'altra esterna al fusto di 712 scalini. Gli ascensori percorrono la torre esternamente fino alla prima piattaforma a quota 84 metri dalla base, per scomparire, per i successivi 45 metri, all'interno della struttura metallica delle piattaforme, nello spazio disponibile tra il fusto e le loro piante. L'edificio ausiliare ha una pianta rettangolare di 54 x 66 metri e, costruito sull'asse tra il Turó del Mont ed il Turó de la Vilana, sfrutta la topografia naturale e si trova seminterrato fra i due monti, con un impatto visivo minimo.

La Torre di Collserola non è una torre autoequilibrata, ma è puntellata, bilanciata da cavi ancorati nel suolo, benché poco abbia in comune coi classici tralicci radianti di Onde Medie. Fra le torri europee di telecomunicazione, potrebbe paragonarsi a quella di Lopik, in Olanda, che è composta da una classica torre di cemento di 260 metri, con cabina a 100 metri di altezza, terminante con un albero metallico (di 2 metri di diametro), puntellato per quattro livelli da tiranti. In Collserola ci sono due livelli di tiranti, con uno inferiore che, si collega ad ognuno dei tre nodi dei vertici della prima piattaforma, prolungandosi nella struttura del blocco delle piattaforme, fino all'altezza della quinta. Collaborano ugualmente nella trasmissione delle forze al fusto le braccia radiali ed i pilastri esterni che conformano i vani. In ognuno dei nodi inferiori sono disposti tre cavi, due di essi, denominati G1, ancorati al masso di cemento nel terreno, mentre il terzo, denominato G2, è agganciato nella base del fusto. Il calcolo di questi cavi non è solo strutturale, ma prende in considerazione la forte limitazione dei movimenti della torre richiesta per l'alloggiamento delle parabole radiotrasmittenti.

I cavi G1 e G2 sono dei grossi fasci d'acciaio disgiunti, trefoli di 15 millimetri di diametro ciascuno. Ogni cavo G2 è formato da 205 trefoli, mentre i G1 hanno fra i 144 e 187 trefoli in funzione dell'irregolarità del terreno, compensando le diverse altezza con un numero variabili di trefoli. Gli ancoraggi alla base distano da essa tra i 65 e i 78 metri.

Il secondo livello di distanziatori, denominato G3, parte dai vertici della tredicesima piattaforma e sale fino alla fine del fusto di cemento. Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, i cavi superiori non servono per sorreggere il blocco delle piattaforme, ma per puntellare l'estremo del fusto e limitare i movimenti che colpiscono le antenne emittenti. I cavi G3 non potevano essere metallici, perché avrebbero deformato il diagramma di radiazione delle antenne situate dietro di essi, infatti le prove effettuate suggerivano l'uso dei cavi metallici quando le antenne emettono in polarizzazione orizzontale, ma le antenne FM devono avere una componente di polarizzazione verticale per facilitare la loro ricezione, ed i cavi metallici, in tal senso, erano completamente incompatibili con la componente verticale. Bisognava utilizzare una fibra dielettrica, del tipo del Kevlar (della DuPont) o l'Aramida (di AZKO) che è quella poi adoperata. Ognuno dei tre tiranti è formato da sette cavi in parallelo, di 50 millimetri di diametro ognuno, interamente rivestiti.

Come da progetto di Foster, la Torre è bianca (RAL-9010) e grigia (RAL-7004), ad eccezione dei distanziatori neri ed il colore naturale del cemento. Esisteva il rischio che l'asta di segnalazione diurna dovesse essere quella convenzionale, sette frange alternate bianche e rosse di uguale larghezza, ma la direzione generale dell'Aviazione Civile indicò un tipo di segnalazione ampiamente utilizzata per la FAA negli Stati Uniti, costituita da lampi di luce in punti distaccati della struttura, con intensità distinta di scintillio in situazione diurna o notturna.

Il sistema radiante, montato sulla cima, è costituito da 66 antenne unitarie di FM del diametro di 2,7 metri e 364 pannelli di dipoli per TV-UHF di 98 centimetri d'altezza per 48 centimetri di larghezza, per i quali fu adoperato un design che si allontana da quello abitualmente adoperato nei centri emittenti. L'intero sistema, oltre alla funzione tecnica, compie il proprio apporto estetico, caratterizzando fortemente e in maniera spettacolare il disegno della torre, diventata simbolo di uno spirito nuovo, vibrante ed ambizioso della Barcellona degli anni novanta.

3.5 - Natura e artificio: le torri per le comunicazioni di Calatrava

Nel percorso dell'evoluzione delle torri per le telecomunicazioni un posto di riguardo, senza dubbio, lo merita la torre di Montjuïc perché, oltre ad assolvere la funzione per la quale è stata creata, contiene una straordinaria valenza simbolica. Dal punto di vista funzionale alberga i servizi, le antenne e dispositivi necessari per le telecomunicazioni e dal punto di vista simbolico, fa riferimento all'avvenimento dei giochi olimpici celebrati a Barcellona nel 1992; essi offrirono l'occasione per ridefinire numerose aree urbane destinate ad accogliere nuove strutture sportive, nonché infrastrutture e servizi anche non strettamente relazionati ai giochi, ma che contribuivano ugualmente a ridisegnare il volto della città. Sulla collina del Montjuïc si collocò l'Anello Olimpico, progettato dagli architetti Correa e Milà, costituito appunto dai moderni impianti sportivi, tra cui lo Stadio Olimpico dell'architetto italiano

Vittorio Gregotti e il Palazzo dello Sport “Sant Jordi” dell'architetto giapponese Arata Isozaki. Accanto ad esso emerge la torre disegnata da Santiago Calatrava Vans, alta 130 metri e costituita da un fusto di acciaio inossidabile inclinato a 72 gradi, coronata da un elemento semicircolare contenente gli impianti tecnici e terminante con un'asta verticale, una sorte di “giavellotto” sospeso nell'aria. Il basamento della torre è chiuso da una porta in lame di metallo, azionata da un motore idraulico, che nel suo movimento, una rotazione di 90 gradi, ripropone gli studi sulla palpebra dell'occhio già sperimentati da Calatrava⁴⁶. Questa torre è nata per facilitare tutti i tipi di radiocomunicazione durante le Olimpiadi, pur essendo comunque integrata alla rete di comunicazione di Barcellona mediante la trasmissione digitale su fibra ottica.

La sua forma singolare obbedisce alle leggi della statica, in quanto il centro di gravità della base coincide con la risultante verticale del peso proprio e poggia in tre punti su un basamento circolare in cemento armato, a forma di conchiglia rivestita da mosaici, che rimanda palesemente al fantastico mondo “naturale” dell'architetto catalano Antonio Gaudì. L'inclinazione del fusto, coincidente con l'angolo del solstizio d'estate a Barcellona, fa sì che la sua ombra si proietti sulla piattaforma circolare, alla base delle scale, come in una meridiana. Queste caratteristiche vanno a sottolineare il fatto che in Barcellona esistono due viali, la Meridiana e il Parallelo, che denotano la vocazione avanguardista di questa città, a cui si riferiscono i progressi tecnici della sua epoca⁴⁷. Dall'altra parte, la figura della torre ha delle reminiscenze antropomorfe di figura offerente, che ne accentua il carattere scultoreo e simbolico. La torre allude alla figura di un tedoforo che reca tra le mani la fiamma olimpica che sembra essere sospesa nell'aria ed il suo corpo si china languidamente sopra il terreno, con le ginocchia piegate a sfiorare il suolo e questa posizione pare agevolare il peso del giavellotto. Tali metafore risultano ben visibili nelle immagini mongiane che ne evidenziano le sue fluide linee, che si sviluppano unendosi, torcendosi, per poi ritornare a separarsi alla sommità del cielo. L'artificio della duplice immagine della torre, così come si presenta nella rappresentazione prospettica, accomuna in un unico “giavellotto” le due viste, e si connota come indissolubile unione fra l'umano (vista dal basso) ed il divino (vista dall'alto) presente nella connotazione della fiamma olimpica⁴⁸. L'elemento anulare definito dalle tante sezioni radiali

⁴⁶ S. Polano, *Santiago Calatrava. Opera Completa*. Milano, 1996, p. 134.

⁴⁷ Cfr. *El Croquis - Santiago Calatrava 1989/1992*, 1992, n.57, numero monografico, p. 46.

⁴⁸ Per gli antichi greci, il fuoco aveva una connotazione divina, si credeva che fosse stato rubato agli Dei da Prometeo. Per questo motivo il fuoco era presente anche in molti santuari. Un fuoco veniva tenuto acceso permanentemente sull'altare del tempio di Vesta ad Olimpia. Durante i Giochi Olimpici, che onoravano Giove, venivano accesi ulteriori fuochi nel suo tempio e in quello di sua moglie, Giunone.

Attualmente la fiamma olimpica viene accesa diversi mesi prima della cerimonia di apertura dei Giochi Olimpici, nel luogo delle Olimpiadi antiche, Olimpia (Grecia), sul luogo dove sorgeva il tempio di Giunone. Undici sacerdotesse (impersonate da attrici) accendono il fuoco ponendo una fiaccola all'interno di uno specchio parabolico concavo, che concentra i raggi del Sole.

La fiaccola viene quindi trasportata nella città che ospiterà i Giochi Olimpici con una staffetta. Tradizionalmente, la fiaccola viene trasportata a piedi, ma possono essere usati altri mezzi di trasporto. Tra i tedofori si contano anche atleti e celebrità, ma per la maggior parte sono composti da persone comuni.

La staffetta della torcia olimpica termina il giorno della cerimonia di apertura, nello stadio principale dei giochi. L'ultimo tedoforo è spesso tenuto segreto fino all'ultimo momento, di solito è uno sportivo famoso della nazione

prodotte dai piani verticali passanti per l'asse centrale del "giavellotto", e dagli impianti radiotrasmittenti, ci riconduce alla funzione primaria della torre, ossia alla trasmissione di onde per la telecomunicazione. Il simbolismo insito nel disegno della torre di Montjuïc viene enfatizzato dalla sistemazione della piazza, ove strutture metalliche rappresentano un metafisico parco che ci rimanda a quello costruito da Gaudì per Güell nella stessa Barcellona.

Pochi edifici hanno affascinato la fantasia collettiva con tanta verve come questa torre, ma la sua straordinaria bellezza è frutto più dell'ingegno costruttivo del suo ideatore che delle tecniche messe a disposizione dai tempi. L'architettura di Santiago Calatrava, infatti, sfugge alle classificazioni cui i critici usualmente fanno ricorso e ai parametri di giudizio privilegiati da quanti si occupano di calcolo strutturale. Ciò è dovuto al fatto che Calatrava ha condotto la forma e la struttura, il disegno e il calcolo, ad una condizione di osmosi tale che, paradossalmente, l'eloquenza delle sue costruzioni risulta spesso fraintesa per eccesso di chiarezza. In quanto espressioni di questa condizione, nessun aspetto o componente delle sue opere è suscettibile di venir giudicato o valutato separatamente. Poiché sono organismi compiuti, le costruzioni di Calatrava presuppongono il necessario implicarsi degli elementi che le compongono; nulla, nelle sue più riuscite realizzazioni, ha senso se non in quanto anello di una catena, la cui origine concettuale è sempre rappresentata da un'intuizione di ordine formale.

Gli organismi di Calatrava discendono dalle audaci e per certi aspetti irrisolte sperimentazioni di Felix Candela. In ognuna delle opere dell'architetto spagnolo si avverte l'importanza del calcolo, l'impegno che esso richiede, ma nessuna di esse ha il carattere di una semplice deduzione. La forma-struttura di Calatrava, con le sue linee concavo-convesse, biomorfiche e dinamiche e comunque irregolari, con la rottura della pura stereometria e con il gusto del dettaglio, rappresenta la matura evoluzione della sintesi plastica di Erich Mendelsohn, di cui la Einsteinturm a Potsdam (1917-21) ne è un esempio. La torre di controllo costruita nell'aeroporto di Sondika, vicino Bilbao, ne dichiara esplicitamente questa filiazione. Pur di natura diversa dalle torri precedenti, essa è pur sempre una struttura finalizzata alle telecomunicazioni, dotata di tutti gli apparati radioelettrici per comunicare con gli aerei durante le loro fasi di decollo, volo e atterraggio. La torre si eleva monoliticamente dal terreno sino a raggiungere un'altezza di 42 metri, assumendo una configurazione aerodinamica. Essa è parte dell'impianto aeroportuale di Bilbao (nuovo terminal, parcheggi, piste di atterraggio) e si colloca a 270 metri in direzione sud-est, di fronte al terminal. I particolari requisiti tecnici richiesti hanno portato a una riflessione sulla tipologia della torre e sulle relazioni con gli elementi (naturali e artificiali) presenti nel sito. L'edificio consta di tre parti fondamentali: la base tecnica, il fusto strutturale ed il faro di controllo. La base in cemento armato, leggermente interrata, contiene l'ingresso, parte delle installazioni tecniche e gli ambienti amministrativi, organizzati su due livelli. Il trattamento ondulato della copertura limita

ospitante. L'ultimo tedoforo corre verso il braciere, normalmente posto in cima a una scalinata, ed usa la fiaccola per accendere una fiamma nello stadio. Questa fiamma brucia per tutto il periodo di celebrazione dei Giochi Olimpici e viene estinta nella cerimonia di chiusura.

l'impatto dello zoccolo con il terreno, separandosene con una facciata vetrata inclinata che permette l'illuminazione naturale degli spazi di lavoro. Il fusto, con pianta a goccia data dall'intersezione di un cerchio con un triangolo, è l'elemento strutturale di mediazione tra la base tecnica e il faro di controllo: al suo interno sono posizionati i collegamenti verticali, quali le scale di emergenza, l'ascensore panoramico, il montacarichi e i vani tecnici. Realizzato in calcestruzzo a faccia vista, parzialmente rivestito in alluminio, presenta un'incisione verticale per illuminare gli elementi di risalita e una serie di tagli nella zona di contatto con il coronamento che ospita gli ambienti per il personale. Il faro di controllo è un cono capovolto che si innesta nel volume del fusto, e nella parte superiore costituisce il collare, la cui copertura è una struttura di travi di acciaio disposte radialmente intorno al suo centro; il suo perimetro vetrato conferisce all'insieme leggerezza e trasparenza, offrendo una visibilità di 360 gradi, mentre una terrazza esterna consente le operazioni di manutenzione degli impianti⁴⁹. La rappresentazione delle due sezioni, quella ortogonale e quella prospettica, aiuta a comprendere, oltre che la composizione degli spazi e le complesse funzioni interne alla torre, la sua genesi geometrica e la sua forma. I volumi basilari diventano evidenti, così come le loro intersezioni, che caratterizzano in modo particolare la configurazione degli ambienti e offrono delle straordinarie occasioni per la loro visibilità. Particolare è la parte superiore della torre che costituisce una sorta di guaina che cela le intersezioni dei volumi, alludendo alle carcasse delle scatole craniche presenti nelle splendide ringhiere di casa Battlò di Gaudì. La prospettiva zenitale, con l'effetto delle trasparenze dei piani orizzontali e delle generatrici del cono, vuole indurre l'osservatore ad un'indagine più approfondita invitandolo, come per un artificio ipnotico, a percorrere la torre in tutta la sua altezza, dall'alto verso il basso. Per Calatrava il tema delle torri di telecomunicazioni doveva essere molto familiare, infatti più di ogni altro architetto, ha elaborato diversi progetti, che incarnano incredibilmente lo scenario delle città del futuro e, per ironia della sorte, sono rimasti irrealizzati.

All'interno del programma dei lavori previsti a Barcellona per i giochi olimpici del 1992, Calatrava partecipa al concorso per la costruzione della torre delle telecomunicazioni sulle colline della Sierra de Collserola. La costruzione, alta 252 metri, vuole inserirsi nel paesaggio urbano con una forma leggera e trasparente. L'uso di un unico rivestimento sintetico in fibra di vetro ne sottolinea la forma affusolata. La struttura, costituita da un pilastro cavo di cemento armato di 7 metri di diametro, che ospita i sistemi di risalita, sorregge le diverse piattaforme a sbalzo, con diametro massimo di 22 metri, ed è stabilizzata da coppie di cavi in acciaio, fissate a un quarto della sua altezza e ancorate al sottostante edificio delle installazioni; il sistema adottato permette di contenere le oscillazioni e il diametro del pilastro⁵⁰.

⁴⁹ Cfr. *AV Monografias- Santiago Calatrava*, 1996, n.61, numero monografico, p. 84.

⁵⁰ Cfr. *El Croquis- Santiago Calatrava*, 1992, n.38, numero monografico, p. 93.

Nonostante il progetto avesse l'obiettivo di creare un simbolo surrealista nella nuova città, come un'enorme torre della Sagrada Familia o come una gigantesca costruzione futuristica, non convinse la giuria del concorso.

A Valencia la torre delle telecomunicazioni doveva essere parte integrante del progetto della città della scienza, vincitore del concorso bandito dalla Generalitat Valenciana nel 1991, al fine di recuperare un'area periferica a est della città, collocata tra il fiume Turia e l'autostrada, ma che in seguito è stata utilizzata per il Palazzo delle Arti. Un percorso di attraversamento divide l'area che ospita la torre delle telecomunicazioni dal Museo della Scienza e della Tecnica e dal Planetarium, disposti sequenzialmente lungo un asse pedonale che la attraversa longitudinalmente. Elemento singolare dell'intero intervento, la torre si insedia su un'area triangolare asimmetrica di 41.820 m² circa. Alta 382 metri, sorge su un basamento a pianta triangolare dai lati curvi, definendo ad ovest una piazza irregolare d'ingresso, articolato in più livelli attraverso una corte circolare, illuminata dall'alto; da questa si diramano le connessioni alle varie parti del complesso: percorsi sotterranei a sezione piramidale portano al Planetarium, ascensori panoramici al belvedere a quota 171,76 metri, sistemi di scale ai livelli inferiori. Tre "zampe" incastrate nelle fondazioni e nel basamento, con sezione a goccia (un triangolo isoscele a base semicircolare), sono disposte simmetricamente all'interno di un triangolo equilatero, inscritto in una circonferenza di 41 metri di raggio. Costruite in cemento armato e rivestite in lastre d'acciaio e vetro, si innalzano rastreandosi verso il centro di simmetria della struttura, per ospitare nella zona semicircolare gli ascensori di accesso alla torre, le scale di emergenza e le canalizzazioni tecniche, e si uniscono a quota 162,20 metri a formare una pianta stellare, di supporto alla guglia delle telecomunicazioni. L'antenna, un corpo fusiforme a pianta circolare, è realizzata con un nucleo resistente centrale in acciaio, da cui si estendono radialmente una serie di nervature, alle quali sono appese le piattaforme tecniche⁵¹.

⁵¹ S. Polano, *ibidem*, p. 284.

Conclusioni

Nel panorama urbano le torri di telecomunicazioni e le antenne trasmettenti hanno assunto un ruolo onnipresente e familiare, assumendo spesso il ruolo di simboli. Nessuno più si stupisce nel vedere palazzi, edifici storici o cattedrali, irti di tralicci di tutti i generi, che irradiano segnali in tutte le direzioni. In realtà, la tipologia di antenne, la loro dimensione ed il loro numero, i loro sostegni, la loro altezza rispetto al tetto dell'edificio sede della stazione radio base rispondono a precise esigenze di natura tecnica: qualità della copertura nell'area desiderata, limitazione dell'irradiazione verso aree indesiderate, stabilità anche in condizioni atmosferiche avverse, rispetto dei volumi di sicurezza previsti dalle leggi, accessibilità per le operazioni di manutenzione del sistema. È indubbio che sino ad ora le esigenze di natura estetica e l'eventuale impatto visivo che i tralicci e i sistemi d'antenna potevano avere sul paesaggio urbano sono stati sottovalutati, ma allo stato attuale si è preso coscienza del problema tanto che si è giunto persino a mimetizzare migliaia di antenne tra alberi e comignoli. Qualcuno stima che almeno un quarto dei ripetitori sia "nascosto" tra cespugli e tronchi.

Non è ovviamente solo il fattore estetico a spingere ad occultare le antenne; molte persone hanno paura degli effetti dell'elettrosmog causato dai ripetitori e mimetizzare le antenne è una delle possibili soluzioni per ovviare al problema. Occhio non vede (l'antenna), cuore non duole.

Si deve sottolineare che le dimensioni delle antenne e quelle dei loro sostegni non sono assolutamente correlate alla potenza irradiata, ma semmai alla concentrazione del segnale irradiato in un'area di copertura ben definita e alle frequenze necessarie. Le antenne normalmente usate nelle stazioni radio base sono costituite da diversi elementi radianti, dette anche antenne elementari, alimentate dagli impianti di trasmissione in modo da concentrare la potenza in un sottile fascio, la cui apertura verticale è inferiore a 10 gradi, mentre quella orizzontale varia tra i 60 e i 90 gradi. Il modello di emissione del segnale è dunque analogo a quello di un fascio irradiato dai fari di un'automobile, che concentrano la luce di lampadine di modesta luminosità in una direzione privilegiata a spese delle altre direzioni.

Senz'altro le onde elettromagnetiche rappresentano una situazione di rischio per l'ambiente e la salute. Questo è un argomento molto complesso e delicato per gli enormi risvolti economici che interessano il settore dell'energia e delle telecomunicazioni. Si sa bene che l'uomo tecnologico è purtroppo disposto a subire pesanti compromessi pur di mantenere un elevato standard di vita: quando si sale in auto, difficilmente si pensa al pericolo di restare vittima di un incidente o di prendersi una leucemia per colpa del benzene contenuto nei gas di scarico. Si parla di "rischio accettabile", un concetto quanto mai discutibile, ma saldamente radicato nelle istituzioni umane. Difatti, rispetto alle onde elettromagnetiche esistono degli effetti sicuramente accertati (effetti termici) e degli effetti non ancora definitivamente verificati (effetti non termici), ma riscontrati a livello epidemiologico. Vi sono delle norme specifiche a livello internazionale, nazionale e regionale che disciplinano la sicurezza degli impianti di trasmissione, attualmente basate su livelli massimi ammissibili in gran parte concepiti per evitare gli effetti termici. Alcune Regioni si sono date leggi più restrittive, cercando, per quanto possibile, di tutelare la popolazione anche dal rischio legato agli effetti non termici, che si manifesterebbero a livelli di irradiazioni molto bassi. Occorre notare che la situazione italiana rappresenta un caso pressoché unico al mondo di concentrazione di trasmettitori radio: sono presenti quattro gestori di telefonia cellulare in concorrenza tra loro, ognuno con la propria rete di trasmettitori; inoltre, l'enorme sviluppo della diffusione radiotelevisiva italiana degli ultimi venti anni, con la cosiddetta liberalizzazione dell'etere (in Italia abbiamo circa 2400 stazioni radio e 700 emittenti televisive, una cifra pari ad un terzo del totale dell'intero pianeta), ha portato ad una completa "saturazione" delle potenzialità di trasmissione: come ben sanno gli operatori del settore, per coprire un'area urbana di pochi chilometri quadrati oggi occorrono trasmettitori di grandissima potenza. Può dunque capitare, in casi particolarmente sfortunati, di avere sullo stesso palazzo qualche decina di kW di trasmettitori radiotelevisivi e telefonici. Per avere un termine di paragone "illuminante" si tenga presente che, all'interno di un forno a microonde, 1kW di radiofrequenza è in grado di cuocere un pollo in pochi minuti. Di certo, se gli impianti sono stati realizzati e mantenuti a regola d'arte e le distanze di sicurezza rispettate e quant'altro, gli abitanti del palazzo non saranno esposti ad un campo elettromagnetico superiore ai limiti consentiti (non si potrà comunque permettere l'accesso al tetto e si dovranno predisporre barriere di sicurezza intorno ai tralicci). In ogni caso, è necessario ricordare che: i controlli da parte delle autorità sanitarie, tranne rare eccezioni, sono inesistenti per carenze organizzative, di personale e di strumentazioni adeguate; i limiti di esposizione tengono attualmente conto solo degli effetti termici ed inoltre non prendono in considerazione l'esposizione cumulativa, ovvero, l'inquinamento degli ultimi piani delle abitazioni non solo sono esposti continuamente ad un campo elettromagnetico sia pure ai limiti consentiti, ma a questo campo se ne possono sommare altri sia costantemente (linee elettriche interne ed esterne) sia discontinuamente ma con alta intensità (asciugacapelli, rasoi elettrici, ecc.), con effetti ancora non determinati. Rispetto alla situazione fuori da ogni controllo di qualche anno fa, ora, in seguito alla

sensibilizzazione sempre maggiore della opinione pubblica, l'attenzione delle istituzioni è in crescita, come pure l'impegno dei legislatori e dei ricercatori. Esiste il sospetto, in base a recenti, nonché discussi, studi epidemiologici, di una correlazione tra esposizione prolungata a radiofrequenza ed un aumento dei casi di leucemia infantile nella popolazione: per questo motivo, l'orientamento attuale, pur in assenza di prove certe ed incontrovertibili, è quello di tutelare almeno i cittadini più deboli contro i possibili rischi ponendo dei limiti al proliferare incontrollato dei trasmettitori. La Regione Lombardia, per esempio, ha recentemente posto una distanza minima di 150 metri tra i trasmettitori della telefonia cellulare ed edifici che ospitano scuole, asili, ospedali e simili. Qualora si dovesse concludere che la distanza da un impianto trasmittente fosse un parametro certo ed attendibile da utilizzare per definire la pericolosità per la salute dei bambini o delle persone debilitate, appare illogico che si pongano limiti di salvaguardia rispetto ad edifici (asili, scuole, ospedali) dove coloro che s'intende tutelare passano in generale poca parte della loro vita. Se fosse realmente accertato o anche soltanto probabile che, entro determinate distanze, un impianto di trasmissione genera in ogni caso una condizione di rischio, tale vicinanza dovrebbe essere impedita a maggior ragione per le normali residenze dove bambini o ammalati trascorrono la maggior parte del loro tempo. Nell'ambito degli accessi dibattiti e delle roventi polemiche che accompagnano lo sviluppo delle reti di telecomunicazioni, vengono spesso ventilate alcune alternative di natura tecnica⁵², attraverso le quali si intenderebbe ridurre l'intensità dei campi

⁵² Si tratta, fondamentalmente, di tre ipotesi: il cosiddetto co-siting tra operatori, le microcelle e le picocelle e il trasferimento dei siti fuori dall'area urbana.

Per quanto riguarda il co-siting, che viene spesso presentato come l'opzione del futuro, in grado di ridurre il numero degli impianti e quindi l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, va chiarito che questa opzione non può che moltiplicare la potenza irradiata dal sito per il numero di operatori presenti. L'eventuale riduzione congiunta della potenza farebbe diminuire l'area di copertura delle stazioni radio base e richiederebbe quindi la creazione di nuovi siti. Inoltre, bisogna ricordare che ogni stazione radio base, in questa eventualità, dovrebbe essere dotata di un proprio sistema di antenna. Ipotizzando un sito occupato da quattro operatori, si richiederebbero 8 antenne per cella, 24 antenne per sito. Ma non basta: occorre sottolineare, infatti, che negli attuali siti occupati dagli operatori presenti sul mercato, non esiste fisicamente e materialmente quasi mai la possibilità di raddoppiare o triplicare gli apparati installati.

Per quanto attiene la tecnologia delle microcelle e delle picocelle, va detto come esse siano già oggi comunemente utilizzate per coprire piccole aree di grande importanza, soprattutto nei centri urbani, lasciate scoperte dalla rete delle celle regolari, oppure per fornire elevate e localizzate capacità di traffico in particolari aree, come quelle pedonali, i centri commerciali, le sale di aeroporti. In alcuni casi sono state realizzate coperture estese e continue di aree limitate di elevato interesse architettonico e storico, per evitare qualsiasi antenna a livello dei tetti. In questi frangenti, comunque, alla periferia dell'area coperta dalle microcelle sono sempre presenti celle "normali", con funzione di "celle ombrello", necessarie per assicurare il servizio nell'area ai mezzi che si muovono velocemente e che sarebbero costretti ad un numero troppo elevato di "handover" (cambiamento di cella e quindi di connessione con la rete). In aree caratterizzate da un'elevata urbanizzazione, per sostituire una cella "standard" è necessario installare da 25 a 35 microcelle. Le microcelle, poste all'altezza dei primi piani degli edifici, sono dotate di antenne a basso guadagno e scarsa direttività e hanno, come tutte le celle GSM, un trasmettitore perennemente acceso. L'intensità media del segnale all'interno della zona coperta dalle microcelle tenderebbe così ad essere più elevata e il rispetto dei limiti d'esposizione previsti dalle norme italiane risulterebbe molto più difficile da ottemperare, quantomeno nelle aree immediatamente contigue alle antenne.

Infine, per quanto riguarda l'ipotesi di trasferire le stazioni radio base al di fuori dei centri abitati, va sottolineato come, anzitutto, si tratti di un'ipotesi del tutto incompatibile con il mantenimento del servizio in aree di grandi dimensioni, e, in secondo luogo, non possa che peggiorare le condizioni di esposizione media, non fosse che per i meccanismi di controllo automatico di livello attivi sulle reti. Allontanando le stazioni radio base dai centri abitati, infatti, la maggior parte dei cellulari si verrebbe a trovare in aree di copertura marginale con basso livello di campo. Automaticamente, gli apparati sarebbero costretti ad operare sempre alla massima potenza, aumentando così sensibilmente l'esposizione dei singoli utenti e il campo irradiato ad altezza d'uomo. Questo, pur considerando il fatto che i valori di esposizione che verrebbero così conseguiti sarebbero comunque ampiamente compresi entro limiti di sicurezza fissati dagli organismi internazionali (ICNIRP).

elettromagnetici generati dalle antenne, ma ciò comporterebbe ulteriori problemi ancora più gravi. In conclusione, va sottolineato come i sistemi di telecomunicazione oggi presenti sul mercato costituiscono, soprattutto grazie alla digitalizzazione, quanto di meglio la scienza delle comunicazioni elettriche può mettere a disposizione per conseguire la massima efficienza energetica, la migliore qualità e la più alta sicurezza nella fornitura del servizio. Dal punto di vista dei campi elettromagnetici generati, gli attuali sistemi operano generando campi che normalmente sono inferiori a circa un decimo del campo che le norme internazionali prevedono come limite di sicurezza per l'esposizione continua per la popolazione e comunque si collocano largamente entro i drastici limiti imposti dalla normativa italiana. È possibile che l'incremento di banda e di utenza prevedibile nel futuro con i sistemi della terza generazione dei cellulari facciano crescere lievemente il campo totale generato dai sistemi, pur sempre entro limiti molto lontani dai valori fissati a livello internazionale.

Gli interventi volti alla protezione dai campi elettromagnetici sulla semplice limitazione della distanza tra antenna trasmittente e punto da proteggere appaiono come delle soluzioni poco efficaci. Le stringenti limitazioni imposte dalla legislazione Italiana richiedono, per rispettare con sicurezza i limiti di legge, l'adozione di antenne ad alto guadagno, con diagramma di radiazione ben definito, di dimensioni quindi notevoli, installate sufficientemente in alto per superare il colmo dei palazzi circostanti e quindi poste normalmente su pali di alcuni metri. Per consentire la manutenzione di tali impianti in condizioni di assoluta sicurezza per il personale, i pali impiegati debbono essere di diametro sufficiente a supportare il peso di una scala di sicurezza. In conclusione, si deve chiarire che, proprio per rispettare le norme sanitarie, gli impianti installati nelle aree urbane devono necessariamente essere molto visibili e ben difficilmente potranno risultare visivamente impercettibili, in tal senso le torri di telecomunicazioni, con le loro altezze elevate, allontanando i propri campi elettromagnetici dal suolo, salvaguardano appunto le popolazioni dalle eccessive esposizioni più di qualsiasi altro impianto trasmittente posto ad un'altezza ridotta. Allo stesso tempo, al di là del loro aspetto funzionale e attrattivo, esse compensano di gran lunga il loro impatto visivo con il territorio, entrando a far parte dei riferimenti unici e ben visibili da qualsiasi punto della città che, altrimenti, è difficile concepire senza avere in mente questi grandi edifici.

Nuove soluzioni all'inquinamento da elettrosmog, sembrano essere offerte anche da nuove tecniche di distribuzione radiotelevisive per via satellitare e via cavo, ampliando quest'ultima le sue frontiere grazie anche all'uso delle fibre ottiche, che permettono inoltre una più ampia e veloce trasmissione.

Appendice

TORRI DI TELECOMUNICAZIONI

ALMA- ATA TELEVISION Tower

Alma-Ata (Almaty), Kazakistan

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1975 - 1983
<i>Cast tecnico</i>	arch.tti Akimov, Osyroumov, Savcðenko, Terziev

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	370 m
<i>Costruzione</i>	
<i>durata dei lavori</i>	8 anni

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 256.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/13088>



ALOR SETAR COMMUNICATIONS Tower

Alor Setar, Kedah, Malaysia

<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1996
<i>Cast tecnico</i>	arch.Hijjas Kasturi Associates

DATI TECNICI

<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	165,5 m

Siti web: <http://www.great-towers.com>

AMP Tower

Sydney, Nuovo Galles del Sud, Australia

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1975
<i>Cast tecnico</i>	arch. Donald Crone
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Donald Crone & Assoc. Pty Ltd



DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	304 m
<i>diametro</i>	2,50 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	250 m
<i>portata visuale</i>	85 Kms
<i>data d'inaugurazione</i>	23 settembre 1981
<i>presenza annuale</i>	800.000 visitatori
<i>altezza dei ristoranti</i>	246 m
	243 m
	239 m
<i>capacità dei ristoranti</i>	20 persone
	220 persone
	235 persone
<i>tempo di rotazione dei ristoranti</i>	dai 30 ai 90 minuti
<i>numero di gradini</i>	1504
<i>diametro massimo di asta</i>	6,7 m
<i>diametro minimo di asta</i>	n/d
<i>numero di finestre</i>	84
<i>peso totale</i>	40000 t
<i>area lorda ricoperta al piano terra</i>	5,928 m ²
<i>area netta di superficie usufruibile</i>	64011 m ²
<i>massima velocità del vento</i>	172 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	1,1 m
<i>capacità dei serbatoi d'acqua</i>	162000 l

Antenne

<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	31 m
<i>peso dell'antenna</i>	14 t
<i>oscillazione dell'antenna dal centro</i>	n/d
<i>numero di impianti trasmettenti</i>	5

Ascensori

<i>numero di ascensori</i>	3 doppi-decker
<i>nome del fabbricante</i>	Kone
<i>velocità</i>	25,5 km/h
<i>capacità</i>	15 persone
<i>capacità per ora</i>	2000 persone

Costruzione

<i>profondità sottoterra</i>	74,4 m
<i>quantità di cemento adoperato</i>	25000 m ³
<i>quantità di cavi</i>	100 t
<i>quantità di acciaio</i>	5,683 t
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	200 persone
<i>costo totale</i>	25.000.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	6 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	23 settembre 1981

Aperta nel 1981, la Torre di Sydney, con i suoi 304 metri, è l'edificio più alto dell'Australia. È dotata di quattro piani – al primo si trova un ristorante rotante “a la carte”, mentre al secondo un altro a conduzione familiare. Entrambi impiegano un tempo di rotazione approssimativamente di 70 minuti. Sul terzo livello c'è un belvedere da cui i visitatori possono consumare un caffè o un pasto: lo “Sky Lounge”, così come esso è conosciuto, può essere noleggiato anche per feste private. All'ultimo piano i visitatori della torre possono godere di una vista fino a 85 chilometri di distanza di Sydney ed il suo magnifico porto naturale, Terrigal al nord e Wollongong al Sud e le “Blue Mountain” ad Ovest.

I livelli sono serviti da tre ascensori a due piani. Alla massima velocità gli ascensori raggiungono il livello del belvedere in 40 secondi. Tra il livello

stradale e la cima della torre ci sono 1504 gradini. Alla base della torre è localizzato un centro commerciale con più di 140 negozi.

Siti web: <http://www.sydneytour.com.au>

ANTENNENTRÄGER DORTMUND-SCHARNHORST

Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1975
<i>Proprietà</i>	Deutsche Telekom AG
<i>Cast tecnico</i>	arch. Helge Bofinger
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Bofinger & Partner



Siti web: <http://www.great-towers.com>

ANTENNENTRÄGER MILTE-VELSEN

Münster - Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Committente</i>	Oevermann GmbH & Co. KG

DATI TECNICI

<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	53,80 m
<i>diametro</i>	2,50 m



Siti web: <http://www.oevermann.com>

AUFHAUSEN POLICE RADIO Tower (Funkturn Aufhausen)

Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1965
<i>Proprietà</i>	Polizia di Baden-Württemberg
<i>Cast tecnico</i>	ing. Leonhardt, Andrä und Partner
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Wayss & Freytag

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	costruzione in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	132 m
<i>diametro</i>	6 m
<i>diametro alla base</i>	14 m

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 229. Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 480-481.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

BELI MANASTIR TV Tower

Beli Manastir, Croazia

<i>Tipo strutturale</i>	struttura con tiranti
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1966

Cast tecnico arch. Gojko Nenadic
ing. Dusan Krajcinovic
Committente Mostogradnja

DATI TECNICI

Materiali travi e tiranti d'acciaio

Dimensioni e Quantità

altezza 202 m
peso struttura in acciaio 120 t

Siti web: <http://www.yu-build.com/main/e/057/057.html>

BERLIN TELEVISION Tower (Fernsehturm)

Berlino, Germania



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1966 - 1969

Cast tecnico arch. Herman Henselmann
ing. Gerhard Frost

DATI TECNICI

Materiali cemento armato e acciaio

Dimensioni e Quantità

altezza 368 m
diametro alla base del fusto 16 m
diametro alla punta del fusto 9 m
diametro della sfera 32 m
osservatorio livello superiore 203 m
portata visuale 40 Kms
data d'inaugurazione 3 marzo 1969
altezza del ristorante 207 m
tempo di rotazione dei ristoranti 30 minuti
numero di gradini 986
diametro massimo di asta 6 m
diametro minimo di asta 1,6 m
numero di finestre 120
peso totale 26000 t
area lorda ricoperta al piano terra 1.326 m²
flessione al vento 0,6 m

Antenne
lunghezza totale dell'antenna 118 m
peso dell'antenna 245 t

Ascensori
numero di ascensori 3
nome del fabbricante Kone
velocità 21,6 km/h
capacità 15 persone

Costruzione
profondità sottoterra 4,5 m
quantità di cemento adoperato 8000 m³
quantità di acciaio 3.450 t
peso della struttura metallica 1.500 t
numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione 23 persone
costo totale 130.000.000 M
durata dei lavori 4 anni



Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 34-35.

Müller, Peter Symbol mit Aussicht, Verlag für Bauwesen, Berlin (Germany).

Siti web: <http://www.berlinerfernsehturm.de>
<http://www.great-towers.com/fre/towers>
<http://www.p-circle.de>
<http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu>
<http://www.great-towers.com/eng/towers>

BERLIN TRANSMISSION Tower (Funkturn Berlin)

Berlino, Germania

Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1926

DATI TECNICI

Materiali struttura in acciaio
Dimensioni e Quantità
altezza antenna 150 m
altezza piattaforma 126 m

INTERVENTI STRAORDINARI

Rinnovazione totale nel 1987 in occasione del 750 anniversario di Berlino

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 219.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re>



BT Tower

Londra, Inghilterra

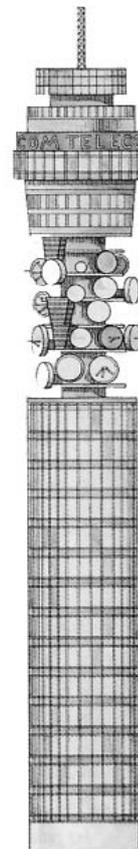
Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1961 - 1964
Cast tecnico ing. Lerch, Bates & Associates, Inc. .
Fornitori ascensori ThyssenKrupp Elevator U.S.A

DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità
altezza 191 m
numero dei ristoranti 1
tempo di rotazione del ristorante 22 minuti

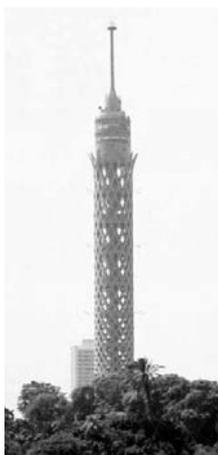
Anche se la torre BT è tecnicamente una struttura per le trasmissioni televisive, è suddivisa con diversi piani per tutta la sua altezza. I primi 16 contengono la radio, l'impianto di climatizzazione e le unità motrici, sopra i quali, una sezione di 35m contiene le antenne e le parabole per le trasmissioni di telecomunicazioni. Il sesto piano, rotondo, sulla sommità, contiene l'ingresso e le stanze funzionali (conosciute come la suite della torre), le cucine e i locali tecnici, mentre al di sopra si trovano i vani per i motori degli ascensori, i serbatoi di acqua e un'antenna per le previsioni meteorologiche. Al trentaquattresimo piano c'è il ristorante girevole, che compie una rotazione completa ogni 22 minuti. Il ristorante è stato bombardato dall'IRA nel 1971 ma è rimasto aperto fino al 1980.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/110690>
<http://www.great-towers.com>



CAIRO TELEVISION Tower

Il Cairo, Egitto



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1960

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	190 m

Letteratura: Erwin and Fritz Leonhardt Heinle, Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997; p. 243.

Siti web: <http://www.egy.com/landmarks/97-10-16.shtml>
<http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu>

CAMLICA TV Tower

Istanbul, Turchia



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1972
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Endem Construction Company

DATI TECNICI

<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	166 m

La Camlica TV Tower è stata costruita per il TRT di stato dalla Endem Construction Company, che inoltre ha sviluppato il centro di radiodiffusione Endem, alto 230 metri a Costantinopoli. La Camlica TV Tower è situata sul lato asiatico del Bosphorus, fra il ponte di Bosphorus e quello di Fatih Sultan Mehmet. Si eleva in cima alla collina di Camlica, dalla quale si gode di una delle viste più belle della città di Costantinopoli. Inoltre, Camlica TV Tower è diventata la costruzione più alta dell'area asiatica residenziale di Costantinopoli.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/107575>

CENTRAL RADIO & TV Tower

Beijing, China



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1992
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Istituto di Design del Ministero della Radio, Cinema e Televisione

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	405 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	248 m
<i>portata visuale</i>	20 Kms
<i>data d'inaugurazione</i>	30 settembre 1992
<i>presenza annuale</i>	4.500.000 visitatori

Siti web: <http://www.great-towers.com/eng/towers/>

CN Tower (Canadian Nation Tower) Toronto, Canada

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1976
<i>Ubicazione</i>	in prossimità dello Sky Dome
<i>Persone coinvolte</i>	John Andrews, Roger du Toit
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	
<i>progettisti</i>	John Andrews, Webb Zefara Menkès Housden, E.R. Baldwin
<i>esecutori</i>	Canron

DATI TECNICI

Materiali blocchi prefabbricati di cemento armato

Dimensioni e Quantità

<i>altezza dell'antenna</i>	553,4 m
<i>altezza osservatorio</i>	457 m
<i>portata visuale</i>	64 Kms
<i>caratteristiche osservatorio</i>	più alto del mondo pavimento in vetro
<i>altezza dei ristoranti</i>	351 m
	346 m
<i>capacità dei ristoranti</i>	400
	300
<i>tempo di rotazione dei ristoranti</i>	72 minuti
<i>numero di gradini</i>	2579
<i>peso totale</i>	117.910 t
<i>massima velocità del vento</i>	200 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	3,5 m
<i>capacità dei serbatoi d'acqua</i>	113.700 l

Antenne

<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	97,6 m
<i>oscillazione dell'antenna dal centro</i>	1,1 m
<i>numero di impianti trasmettenti</i>	18

Ascensori

<i>numero di ascensori</i>	6
<i>nome del fabbricante</i>	Otis
<i>velocità</i>	22 km/h
<i>capacità</i>	18 persone

Costruzione

<i>quantità di cemento adoperato</i>	40.524 m ³
<i>quantità di acciaio</i>	4.535 t
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	1.537 persone
<i>costo totale</i>	44.000.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	40 mesi
<i>data d'inaugurazione</i>	26 giugno 1976

La Canadian National Tower aperta nel 1976 è la più alta del mondo e la sua antenna, a 553,4 metri, raggiunge le nuvole a più di un terzo di miglio. I sette piani della cabina, sono caratterizzati dalle piattaforme interne ed esterne che includono l'”EcoDek”, una nuova attrazione ambientale interattiva aperta nel mese di dicembre del 1994, ovvero un pavimento di vetro a 342 metri di altezza, il bar ”Horizons” e “360”, il ristorante panoramico girevole con 400 posti, entrambi più alti del mondo. In più, per coloro che desiderano andare ancora più in alto, c'è una piattaforma ad un'altezza di 447 metri. Sperimentazioni di nuove attrazioni avvengono al piano terra. Si può percorrere il cosmo attraverso il “Simulator Theatre” che unisce a una eccitante simulazione di volo, una serie di fantastiche pellicole sur-





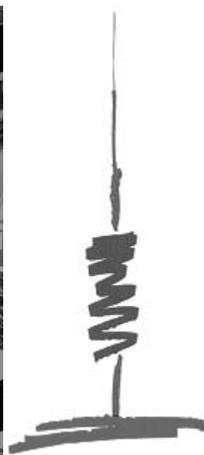
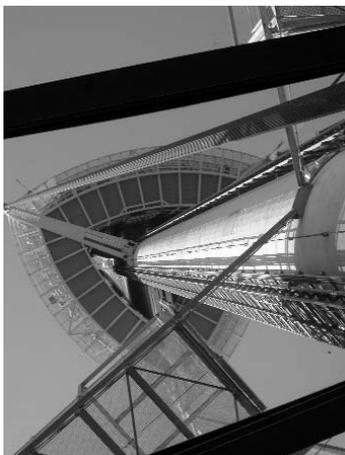
round. Inoltre si può giocare al “Q-Zar”, il gioco futuristico d’azione, che simula la guerra attraverso dei laser. Un segreto mondo fantastico, tra strategie e eccitamento puro. La torre CN trasmette segnali televisivi e radiofonici, ed è inoltre usata per la trasmissione e la ricezione di una varietà di altri segnali elettronici. Un giorno, una torre più alta potrà essere costruita ma l’importanza della Canadian National Tower per i canadesi non diminuirà mai.

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 246-7. Picon, Antoine L’art de l’ingénieur, Éditions du Centre Georges Pompidou, Paris (France), 1997 ; p. 505.

Siti web: <http://www.archinform.net/projekte/1732.htm>
<http://www.cntower.ca>
http://www.cce.cornell.edu/research/case_study
<http://www.great-towers.com/fre/towers>

COLLSEROLA Tower

Barcellona, Spagna



Tipo strutturale struttura con tiranti
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1992
 in occasione dei giochi olimpici
 arch. Lord Norman Robert Foster
Cast tecnico
Ditte ed uffici coinvolti
Parte strutturale Ove Arup & Partners
Appalti Cubiertas y MZOV
Subappalti
cavi Freyssinet
ascensori VSL International

DATI TECNICI

Materiali fusto in cemento armato
 piattaforma in acciaio
tiranti inferiori: serie di circa 180 cavi intrecciati in fibra di polietinodi 15 millimetri di diametro
tiranti superiori: tre serie di 7 cavi intrecciati di 56 mm. di diametro ciascuno

Dimensioni e Quantità
altezza 228 m
diametro alla base 4,5 m
altezza piattaforma 84 m
osservatorio livello superiore 135 m
portata visuale 70 Kms
diametro massimo di asta 4,5 m
diametro minimo di asta 3 m
area lorda ricoperta al piano terra 7.000 m²
area netta di superficie usufruibile 6.500 m²
massima velocità del vento 330 km/h

Antenne
lunghezza totale dell’antenna 32 m
 37 m
numero di impianti trasmettenti 25
Ascensori
numero di ascensori 2
nome del fabbricante Alimak



<i>velocità</i>	36 km/h
<i>capacità</i>	26 persone
<i>capacità per ora</i>	250 persone
Costruzione	
<i>profondità sottoterra</i>	5 m
<i>peso della struttura metallica</i>	3.000 t
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	300 persone
<i>costo totale</i>	36.600.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	2 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	27 luglio 1992

Letteratura: Möscher, Erich VSL heavy Lifting simplifies construction of Barcelona Tower in VSL News, 1991 n. 2 v. 2

Picon, Antoine L'art de l'ingénieur, Éditions du Centre Georges Pompidou, Paris (France), 1997; p. 73.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm>
<http://www.torredecollserola.com>
<http://www.great-towers.com/eng/towers>



COLONIUS

Colonia, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1981
<i>Cast tecnico</i>	arch. Erwin Heinle ing. Fritz Leonhardt
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Leonhardt, Andrä e Partner

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza totale</i>	252,5 m
<i>altezza fusto</i>	219 m
<i>diametro</i>	5 - 14,9 m

Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 46-7.

Reimers, K. Die Stahlkonstruktion für die Kanzel des Fernmeldeturms Köln in Bauingenieur, 1980 v. 55

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu>
<http://www.great-towers.com>



DRESDEN TRANSMISSION Tower (Fernmeldeturm in Dresden)

Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1963 - 1966
<i>Cast tecnico</i>	arch. K. Nowotny ing. H. Rühle

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	252 m

Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 50-1.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

DONAUTURM

Vienna, Austria



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1964
<i>Progettazione</i>	arch.tti Hannes Lintl + Lintl
<i>Cast tecnico</i>	ing. Robert Krapfenbauer

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	252 m
<i>altezza fino alla piattaforma</i>	170 m
<i>altezza osservatori</i>	165 m
	150 m
<i>portata visuale</i>	80 Kms
<i>caratteristiche osservatorio</i>	tetto di vetro negli ascensori
<i>altezza dei ristoranti</i>	170 m
	155 m
<i>capacità dei ristoranti</i>	130
	130
	140
<i>tempo di rotazione dei ristoranti</i>	26/39/52 minuti
<i>numero di gradini</i>	775
<i>diametro massimo di asta</i>	12 m
<i>diametro minimo di asta</i>	6
<i>numero di finestre</i>	80
<i>peso totale</i>	17.600 t
<i>area lorda ricoperta al piano terra</i>	900 m ²
<i>area netta di superficie usufruibile</i>	700 m ²
<i>massima velocità del vento</i>	90 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	1,3 m
<i>Antenne</i>	
<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	70 m
<i>oscillazione dell'antenna dal centro</i>	0,7 m
<i>numero di impianti trasmettenti</i>	2
<i>Ascensori</i>	
<i>numero di ascensori</i>	2
<i>nome del fabbricante</i>	Kone
<i>velocità</i>	22 km/h
<i>capacità</i>	14 persone
<i>capacità per ora</i>	1000 persone
<i>Costruzione</i>	
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	70 persone
<i>costo totale</i>	6.000.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	2 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	16 aprile 1964

Aperta nel 1964, la Donauturm raggiunge 252 metri di altezza. Simbolo di una Vienna moderna, offre il calore e l'ospitalità tradizionali nei suoi ristoranti. Costruita in acciaio e calcestruzzo, questa struttura pesa 17.000 tonnellate e copre una superficie di 900 metri quadrati al livello del suolo. La

Donauturm offre un bellissimo panorama da Vienna fino alle alpi più basse ed alle pianure ungheresi, una vista unica della città e dei dintorni collinosi. In soltanto 35 secondi, due ascensori salgono ad un'altezza di 165 metri, ai due ristoranti panoramici girevoli. Salendo ancora ad un'altezza di 150 metri si raggiunge il terrazzo panoramico scoperto.

Siti web: <http://www.donauturm.at>
<http://www.great-towers.com/eng/towers>



EIFFEL Tower

Parigi, Francia

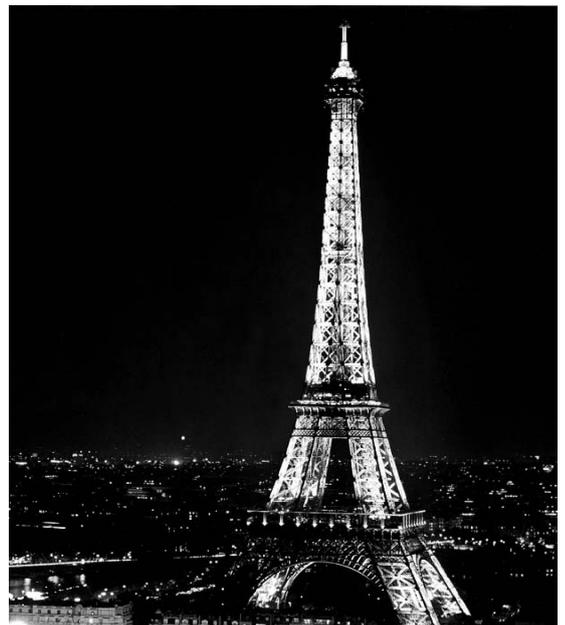
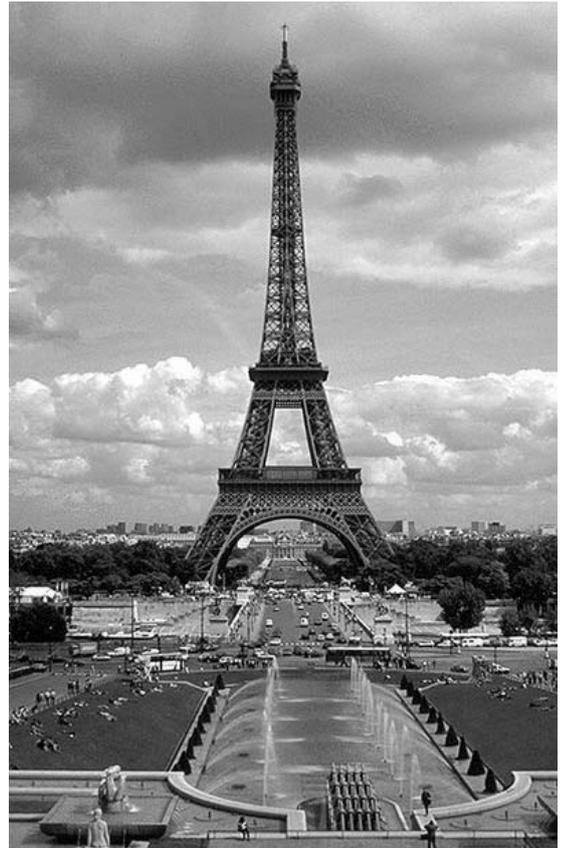
<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1887 - 1889
	in occasione della Esposizione Mondiale del 1889
<i>Cast tecnico</i>	arch. S. Sauvestre
	ing. Gustave Alexandre Eiffel
	ing. Maurice Koechlin
	ing. Emile Nouguier
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Eiffel et Cie

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura modellata in ferro
	fondazioni in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	300,65 m
<i>altezza alla antenna</i>	320,75 m (1957)
	324,00 m (2000)
<i>1ª piattaforma</i>	
<i>altezza</i>	57,63 m
<i>superficie</i>	4.200 m ²
<i>2ª piattaforma</i>	
<i>altezza</i>	115,73 m
<i>superficie</i>	1.400 m ²
<i>3ª piattaforma</i>	
<i>altezza</i>	276,13 m
<i>superficie</i>	350 m ²
<i>peso totale struttura</i>	7.000 t

CRONOLOGIA

28 gennaio 1887	inizia la costruzione della torre
maggio 1887	le fondazioni sono completate
1 giugno 1887	inizia la costruzione dei pilastri
1 luglio 1887	inizia l'assemblaggio della torre
29 aprile 1888	unione dei quattro piedi della torre al livello della prima piattaforma
30 marzo 1889	l'assemblaggio è completato
31 marzo 1889	la costruzione è ultimata
31 marzo 1889	Gustave Eiffel sale per la prima volta i 1710 gradini della torre
1 gennaio 1890	la concessione viene estesa a 20 anni
1906	la torre viene usata come stazione telegrafica con un raggio d'emissione di 3000 chilometri.
1957	viene aggiunta un'antenna che eleva la torre a 320 metri.
agosto 2000	l'aggiunta di nuove antenne porta l'altezza totale a 324 metri.





22 luglio 2003

Un incendio sviluppatosi quattro piani sopra la piattaforma superiore provoca alcuni danni. La torre è evacuata, ma riapre il giorno dopo

Letteratura: Asensio, Paco Gustave Alexandre Eiffel, teNeues, Düsseldorf (Germany), 2003 ; p. 70-77.

Billington, David P. The Tower and the Bridge, Princeton University Press, Princeton (USA), 1983 ; p. 11-17.

Denker, Winnie and Françoise Sagan Der Eiffelturm - Le coeur de Paris, Ullstein, Frankfurt (Germany).

Dupré, Judith Skyscrapers, Black Dog & Loventhal, New York (USA), 1996 ; p. 16-17.

Eiffel, Gustave La tour de trois cents mètres, Société des Imprimeries Le Mercier, Paris (France), 1900.

Eiffel, Gustave La Tour Eiffel en 1900, Masson et Cie Editeurs, Librairie de l'Académie de Médecine, Paris (France), 1902.

Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 214-218.

Hoff, Robert Meisterbauwerke der Ingenieurbaukunst, Bundesanzeiger Verlag, Cologne (Germany), 1998 ; p. 183-190.

Kretschmer, Winfried Geschichte der Weltausstellungen, Campus-Verlag, Frankfurt (Germany), 1999 ; p. 124-126.

Lemoine, Bertrand and Marc Mimram Paris d'ingénieurs, Éditions du Pavillon de l'Arsenal, Paris (France), 1995 ; p. 152-3.

Lemoine, Bertrand La Tour de Monsieur Eiffel, Gallimard, Paris (France).

Loyrette, Henri Gustave Eiffel, Payot, Paris (France), 1986 ; p. 101-188.

Marrey, Bernard and Amélie Granet, Crosnier-Leconte Eiffel, Editions Adam Biro, Paris (France), 1989 .

Marrey, Bernard The extraordinary life and work of Monsieur Gustave Eiffel, the engineer who built the Statue of Liberty, the Porto Bridge, the Nice Observatory, the Garabit Viaduct, the Panama Locks, the Eiffel Tower, etc., Editions Graphite, Paris (France), 1984.

Marrey, Bernard Gustave Eiffel, Institute, Paris (France), 1989 p. 102-105.

Marrey, Bernard La tour Eiffel, Editions du Patrimoine, Paris (France), 2001.

Pérouse de Montclos, Jean-Marie Le guide du Patrimoine: Paris, Ministère de la Culture-Hachette, Paris (France), 1994.

Picon, Antoine L'art de l'ingénieur, Éditions du Centre Georges Pompidou, Paris (France), 1997 ; p. 163-166.

Poncetton, François Eiffel: Le Magicien du fer, Editions de la Tournele, Paris (France), 1939 ; p. 153-222.

Siti web: <http://en.structurae.de/structures/data/index>.

<http://www.tour-eiffel.fr/>

ENDEM TV Tower

Istanbul, Turchia



Tipo strutturale

struttura di trave a mensola verticale

Funzione

torre di comunicazioni

Anno di costruzione

1998 - 2002

Committente

Endem Construction Company

DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità

altezza

236 m

Il centro di radiodiffusione di Endem è situato nel quartiere di Beylikdüzü nella Costantinopoli europea, tra il "Kaya Tower Hotel" ed il centro fieri-

stico "TÜYAP". A 154 metri d'altezza si può ammirare il panorama dal ristorante girevole, mentre i due saloni panoramici si trovano rispettivamente a 148 e 160 metri.

Sulla sommità della struttura sono collocate le antenna per l'emissione di segnali, che raggiungono l'altezza complessiva di 236 metri.

La costruzione a forma di piramide vicino alla torre è usata come studio per più di 20 canali televisivi.

Il complesso include una sala congressi per 2000 ospiti ed un auditorium per 2200 persone.

Siti web: <http://home.t-online.de/home/wleonhard>
<http://www.skyscrapers.com/re/en/wm>



EUROMAST

Rotterdam, Olanda

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1958
<i>Cast tecnico</i>	arch. J. Maaskant & A. Neste, R. Swart

DATI TECNICI

Materiali struttura in cemento armato

Dimensioni e Quantità

<i>altezza all'antenna</i>	185 m
<i>altezza alla piattaforma</i>	112 m
<i>portata visuale</i>	30 Kms
<i>altezza dei ristoranti</i>	92 m
<i>capacità dei ristoranti</i>	200
<i>numero di gradini</i>	600
<i>diametro di asta</i>	9 m
<i>numero di finestre</i>	125
<i>area lorda ricoperta al piano terra</i>	1000 m ²
<i>area netta di superficie usufruibile</i>	800 m ²
<i>flessione a questa velocità</i>	1 m

Antenne

<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	2 m
<i>numero di impianti trasmettenti</i>	1

Ascensori

<i>numero di ascensori</i>	2
<i>nome del fabbricante</i>	Schindler
<i>velocità</i>	14 km/h
<i>capacità</i>	36 persone
<i>capacità per ora</i>	1.440 persone

Costruzione

<i>profondità sottoterra</i>	3 m
<i>quantità di cemento adoperato</i>	5.800 m ³
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	30 persone
<i>costo totale</i>	2.000.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	2 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	25 marzo 1960

L'Euromast originalmente fu costruita per la mostra dei fiori più grande del mondo. Salendo ad una quota di 185 metri si ammirano gli skylines delle città circostanti ed il meraviglioso porto. La "torre dello spazio" si è trasformata in un'avventura reale attraverso la simulazione audiovisiva di un viaggio nel cosmo.

Siti web: <http://www.euromast.com>



EUROPE Tower (Europaturm)

Francoforte, Germania



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1976 - 1979
<i>Progetto architettonico</i>	arch. Erwin Heinle
<i>Progetto strutturale</i>	Leonhardt, Andrä und Partner

DATI TECNICI

Materiali struttura in cemento armato

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	331 m
<i>altezza alla antenna</i>	295,4 m
<i>diametro alla base</i>	19,6 m
<i>diametro della piattaforma</i>	47 - 57,6 m

Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 36-7.

Zellner, W. and H.-G. Vögele Die Tragkonstruktion der Turmkanzel des Fernmeldeturms Frankfurt in Stahlbau, January 1980 n. 1 v. 50.

Siti web: <http://www.skylineffm.de>

FERNMEDETURM AUF DER HOHEN BRACH

Großerlach, Germania



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1985
<i>Proprietà</i>	Deutsche Bundespost Deutsche Telekom AG

DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	130 m
----------------	-------

Letteratura: Müller, Peter Symbol mit Aussicht, Verlag für Bauwesen, Berlin (Germany).

Siti web: <http://www.great-towers.com>

FMT 2

Waldenbuch, Germania



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1976
<i>Proprietà</i>	Deutsche Bundespost
<i>Progetto architettonico</i>	arch.tti Erwin Heinle

<i>Progetto strutturale</i>	arch. A. Hoyer
	arch. W. Teutschbein
	ing. W. Pieckert

DATI TECNICI

Materiali struttura in cemento armato

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	127,55 m
<i>diametro alla base</i>	8 m
<i>diametro minimo</i>	5 m
<i>diametro piattaforma</i>	25 m

Letteratura: Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 497-498.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

FMT 6

Brackenheim, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1969
<i>Proprietà</i>	Deutsche Bundespost
<i>Progetto architettonico</i>	Heinle, Wischer und Partner
<i>Progetto strutturale</i>	Leonhardt, Andrä und Partner
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	calcestruzzo precompresso e cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	125 m
<i>diametro alla base</i>	7,40 m
<i>diametro minimo</i>	5,33 m
<i>diametro piattaforma</i>	25,80 m

Letteratura: Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 492-493.

Siti web: <http://www.great-towers.com>



FMT 8

Heidenheim an der Brenz, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1977
<i>Progetto architettonico</i>	Heinle, Wischer und Partner
<i>Progetto strutturale</i>	Leonhardt, Andrä und Partner
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	60,5 m
<i>diametro</i>	3,5 m
<i>diametro piattaforma</i>	10,7 m

Letteratura: Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 496.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

FMT 12

Geislingen am Kocher, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1981 - 1982
<i>Proprietà</i>	Deutsche Bundespost
<i>Progetto architettonico</i>	Heinle, Wischer und Partner
<i>Progetto strutturale</i>	Leonhardt, Andrä und Partner

DATI TECNICI

Materiali struttura in cemento armato

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	132 m
<i>diámetro alla base</i>	7,59 m
<i>diámetro minimo</i>	2,42 m
<i>diámetro piattaforma</i>	24,75 m

Letteratura: Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 494 - 495.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

FRIEDRICH CLEMENS GERKE Tower

Cuxhaven, Germania



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale

Funzione torre di comunicazioni

Anno di costruzione 1 990 - 1991

Proprietà Deutsche Bundespost

DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	230 m
----------------	-------

Siti web: <http://home.t-online.de/home/Hbusch>
<http://www.great-towers.com>

FUNKTURM OSSMARITZ

Jena, Germania

Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale

Funzione torre di comunicazioni

Siti web: <http://www.great-towers.com>

FUNKTURM STUTTGART - RAICHBERG

Raichberg, Stoccarda, Germania



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale

Funzione torre di comunicazioni

Anno di costruzione 1966

DATI TECNICI

Materiali blocchi di calcestruzzo prefabbricati

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	93 m
----------------	------

Siti web: <http://www.alien-ufo.de/forum>
<http://www.great-towers.com>

HEINRICH HERTZ Tower

Amburgo, Germania

Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale

Funzione torre di comunicazioni

Anno di costruzione 1968

Cast tecnico Fritz Leonhardt
 Jörg Schlaich

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	272 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	124 m
<i>diametro alla base</i>	41 m
<i>diametro piattaforme</i>	39,80 m

Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 44-5.
 Holgate, Alan The Art of Structural Engineering, Edition Axel Menges, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 31-33.
 Leonhardt, Fritz and Jörg Schlaich Der Hamburger Fernmeldeturm, Entwurf und Berechnung des Tragwerks in Beton- und Stahlbetonbau, March 1968 n. 3 v. 63

Siti web: <http://www.great-towers.com>

**HORNISGRINDE TELEVISION Tower***Sasbachwalden, Germania*

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1971 - 1972
<i>Proprietà</i>	Südwestfunk, Baden-Baden
<i>Cast tecnico</i>	arch. Erwin Heinle arch.R. Wischer
<i>Progettazione</i>	Heinle, Wischer und Partner
<i>Costruzione</i>	Alfred Kunz GmbH & Co

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato piattaforma in acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza totale</i>	206 m
<i>altezza del fusto</i>	150 m
<i>diametro alla base</i>	19,6 m
<i>diametro minimo</i>	4,6 m
<i>diametro max. piattaforma</i>	18,78 m

Letteratura: Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 484-485.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

**JOHANNESBURG TELEVISION Tower***Johannesburg, Sud Africa*

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1958

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	232 m

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 239.

Siti web: <http://www.great-towers.com>



KCPT TV Tower

Kansas City, USA



<i>Tipo strutturale</i>	struttura con tiranti
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1969
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	travi e tiranti di acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	372 m
<i>altezza senza accessori</i>	357 m
<i>larghezza</i>	3 m
<i>Particolarità</i>	struttura più alta di Kansas City

Siti web: <http://www.kcpt.org>
<http://www.great-towers.com>

KCTV Tower (Eye-Ful Tower)

Kansas City, USA



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1956
<i>Proprietà</i>	Meredith Corporation - KCTV5
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	struttura in acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	317,6 m
<i>larghezza</i>	24,38 m

Siti web: <http://www.kctv5.com>
<http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu>
<http://www.fybush.com/site-011114.html>

KIEL TRANSMISSION Tower (Fernmeldeturm Kiel)

Kiel, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1972
<i>Cast tecnico</i>	G. Kreisel, Fritz Leonhardt
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	230 m
<i>diametro piattaforma</i>	40 m

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 238.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

KL Tower (Menara KL)

Kuala Lumpur, Malaysia



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1996
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Wayss & Freytag
<i>Disegno architettonico</i>	Kumpulan Senireka Sdn Bhd

<i>Consulenti</i>	Weihermüller · Vogel
	Findeisen & Partner
<i>Ditte esecutrici</i>	Eversendai Engineering
	Victor Buyck CSM
<i>Subappalto</i>	Gleitbau Ges.m.b.H. (formwork)

DATI TECNICI*Dimensioni e Quantità*

<i>altezza</i>	421 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	276 m
<i>portata visuale</i>	25 Kms
<i>altezza dei ristoranti</i>	282 m
<i>capacità dei ristoranti</i>	250
<i>tempo di rotazione dei ristoranti</i>	dai 60 ai 120 minuti
<i>numero di gradini</i>	1.850
<i>diametro massimo di asta</i>	24,5 m
<i>diametro minimo di asta</i>	14 m
<i>peso totale</i>	100.000 t
<i>area lorda ricoperta al piano terra</i>	80.417,5 m ²
<i>area netta di superficie usufruibile</i>	25.139 m ²
<i>massima velocità del vento</i>	126 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	1,3 m

Antenne

<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	86 m
<i>numero di impianti trasmettenti</i>	6

Ascensori

<i>numero di ascensori</i>	4
<i>nome del fabbricante</i>	Otis
<i>velocità</i>	21 km/h
<i>capacità</i>	23 persone
<i>capacità per ora</i>	800 persone

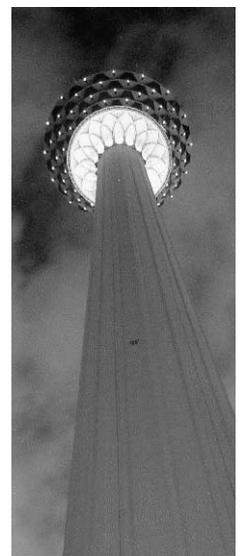
Costruzione

<i>profondità sottoterra</i>	17 m
<i>quantità di cemento adoperato</i>	45.000 m ³
<i>quantità di acciaio</i>	5.300 t
<i>peso della struttura metallica</i>	1.300 t
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	300 persone
<i>costo totale</i>	110.000.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	4 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	1 ottobre 1996

Costruita per migliorare la qualità dei servizi di telecomunicazioni e della chiarezza della radiodiffusione, Menara Kuala Lumpur, è inoltre il simbolo della città.

La torre KL, alta 421 metri, è situata nel cuore del "triangolo d'oro", quartiere commerciale e di intrattenimento di Kuala Lumpur. "Bukit Nanas", il sito dove poggia la struttura si trova ad un'altitudine di 94 metri sopra il livello del mare. Attualmente è la seconda torre più alta dell'Asia. Il basamento è composto da 3 piani. Nel primo alloggia la stanza di controllo ed un serbatoio d'acqua da utilizzare in caso di incendi. Al secondo piano, un corridoio pedonale lungo 86 metri congiunge all'entrata principale caratterizzata da specchi d'acqua che riflettono l'immagine della torre. I vari locali di questi tre piani, comprendono negozi, un piccolo teatro, un anfiteatro, un fast-food e una cappella.

Il fusto della torre contiene 22 piani con 4 ascensori ed una scala di 2058 gradini. Due ascensori conducono all'accesso sulla parte superiore della torre in circa un minuto ed hanno una portata di 800 persone l'ora. Si incontrano al primo livello un salone panoramico ed al secondo un ristorante girevole. L'intera cabina della torre è contornata da un doppio strato





di vetro, organizzato nella forma islamica tradizionale dei “muqarnas”. L'ultima sezione della Menara Kuala Lumpur è una antenna per le telecomunicazioni e radiotrasmissioni alta 86 metri.

Per la sua costruzione si è posta particolare attenzione alla posizione di un albero della gomma secolare (*Dyera costulata*). Per conservarlo ed evitarne l'abbattimento, la torre è stata spostata ad un costo di RM 430.000.

Menara Kuala Lumpur è stata aperta ufficialmente dal primo ministro il 1 ottobre 1996.

Siti web: <http://www.gleitbau.com/en/products>
<http://www.tm.net.my/menarakl>
<http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/105763>
<http://www.great-towers.com/eng/towers>
<http://www.wvfp.de/sonderbauwerke.php3>

KMOS Tower (Rohn Tower)

Syracuse, USA



Tipo strutturale struttura con tiranti
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 2000 - 2001
Proprietà KMOS TV Inc
Committente Rohn Industries

DATI TECNICI

Materiali travi e tiranti di acciaio
Dimensioni e Quantità
altezza 609,6 m
larghezza 3 m

Siti web: <http://wireless2.fcc.gov/UlsApp/AsrSearch>

KVLY Tower

Blanchard, USA



Tipo strutturale struttura con tiranti
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1963

DATI TECNICI

Materiali travi e tiranti di acciaio
Dimensioni e Quantità
altezza 629 m

Siti web: <http://KVLY TV 11: Tower>

KYTV Tower I

Fordland, USA

Tipo strutturale struttura con tiranti
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1971
Proprietà KYTV Inc.

DATI TECNICI

Materiali travi e tiranti di acciaio
Dimensioni e Quantità
altezza totale 609,6 m
altezza della sola struttura 557,1 m
larghezza 3 m

Siti web: <http://wireless2.fcc.gov/UlsApp/AsrSearch>

KYTV Tower 2

Fordland, USA

<i>Tipo strutturale</i>	struttura con tiranti
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1973
<i>Proprietà</i>	KYTV Inc.

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	travi e tiranti di acciaio	
<i>Dimensioni e Quantità</i>		
<i>altezza totale</i>	609,6 m	
<i>altezza della sola struttura</i>	575 m	
<i>larghezza</i>	3 m	

Siti web: <http://wireless2.fcc.gov/UlsApp/AsrSearch>

LIBERATION Tower

Kuwait, Kuwait

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1996

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato	
<i>Dimensioni e Quantità</i>		
<i>altezza totale</i>	372 m	
<i>altezza del fusto</i>	308 m	
<i>data d'inaugurazione</i>	10 marzo 1996	

Letteratura: Bastard, Claude La tour d'antennes du nouveau Centre de Télécommunications de Koweit (370m de hauteur) in La Technique Française du Béton, XIe Congrès de la FIP Hambourg 1990.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/105667>

**LUKASRAND**

Pretoria, Sud Africa

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Cast tecnico</i>	Ove Nyquist Arup, C. M. McMillan

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato	
<i>Dimensioni e Quantità</i>		
<i>altezza</i>	177 m	

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 249.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

**MACAU Tower**

Macau, Cina

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1998 - 2001
<i>Progetto architettonico</i>	Craig Craig Moller Ltd.
<i>Progetto strutturale</i>	Beca Carter Hollings & Ferner Ltd.





DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità

<i>altezza totale</i>	338 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	235 m
<i>altezza dei ristoranti</i>	228,26 m

La torre di Macau, alta 338 metri è la decima più alta del mondo e l'ottava dell'Asia. Inaugurata nel mese di dicembre del 2001, la torre di proprietà dell'Azienda del Turismo di Macau (STDM) e utilizzata dalla "Shun Tak Holdings", è la sede più appropriata per i grandi eventi e le riunioni del "MOUSE". Inoltre è luogo ideale per intrattenimenti, riunioni e pranzi. Tre veloci ascensori di vetro conducono gli ospiti fino alla piattaforma panoramica esterna, al sessantunesimo piano che offre, da un'altezza di 233 metri, incantevoli viste della città, del mare del sud della Cina e della vicina regione del delta del fiume Pearl. Al cinquantottesimo piano, il salone panoramico a 223 metri da terra offre un panorama senza rivali. Una caratteristica unica della torre, è l'AJ Hackett Skywalk, ovvero una griglia di metallo a 216 metri aperta al pubblico. La torre è progettata per resistere a venti di 300 km/h. L'intero complesso di Macau include negozi, una sala congressi, un cinema, un teatro e un salone per le mostre.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/129602>

MANNHEIM TELEVISION Tower (Fernsehturm Mannheim)

Germania



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1973 - 1975
<i>Proprietà</i>	Gewerbeaufträger mbH, Hamburg
<i>Cast tecnico</i>	ing. W. Pfefferkorn
<i>Progetto architettonico</i>	Heinle, Wischer und Partner
<i>Progetto strutturale</i>	Leonhardt und André
<i>Ditte esecutrici</i>	Grün & Bilfinger Homburger Stahlbau GmbH

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	fusto in cemento armato piattaforma in acciaio
------------------	---

Dimensioni e Quantità

<i>altezza totale</i>	204,90 m
<i>altezza fusto</i>	166,20 m
<i>diametro alla base</i>	13,30 m
<i>diametro della piattaforma</i>	29 m
<i>diametro minimo</i>	4,60 m

Letteratura: Schlaich, Jörg and W. Kunzl Der Fernmeldeturm Mannheim in Beton- und Stahlbetonbau, 1977 n. 2 v. 72

Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 482-483.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

MEHRZWECKANTENNENANLAGE UETLIBERG

Uetliberg, Zurigo, Svizzera

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Schindler + Schindler

Siti web: <http://www.great-towers.com>

MONTJUIC COMMUNICATIONS Tower

Barcelona, Spagna

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1989 - 1992
<i>Progetto</i>	arch. Santiago Calatrava Valls

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura di acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	136 m

Letteratura: Jodidio, Philip Santiago Calatrava, Taschen, Cologne (Germany), 1998 ; p. 104-109.

Molinari, Luca Santiago Calatrava, Skira, Milan (Italy), 2000.

Tischhauser, Anthony and Stanislaus Moos Calatrava Public Buildings, Birkhäuser, Basel (Switzerland), 1998 ; p. 134-139.

Siti web: <http://www.arcguide.de/arcguide/arclife>
<http://www.calatrava.com/1/PB/27.html>
<http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/112034>

**MOUNT AVALA TV Tower**

Belgrado, R.F. Iugoslavia

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1965 - distrutta nel 1999
<i>Cast tecnico</i>	arch. Milan Krstic , Ugljesa Bogunovic Slobodan Janjic

Ditte ed uffici coinvolti Rad

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza totale</i>	202,87 m
<i>altezza fusto</i>	136,65 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	102,75 m

La torre Mount Avala TV era composta da una struttura in cemento armato indipendente e da una colonna d'acciaio, elemento portante del sistema delle antenne. Il primo era alto 136,65 metri, mentre il secondo 6,2 metri. L'altezza totale della torre di 202,87 metri, era intervallata a 102,75 metri da una struttura di sette piani di cui tre coperti e quattro terrazzi aperti. La pianta della costruzione era un esagono inscritto in un cerchio di diametro 17 metri. Le caratteristiche principali erano i segni lasciati dalle casseformi di legno sul calcestruzzo, ed in particolare la sezione trasversale bassa della torre su pianta triangolare equilatero con gli angoli rinforzati dalle rotonde sezioni trasversali. Era l'unica torre al mondo con una simile sezione. La lunghezza del lato del triangolo era di 7 metri ed il diametro di rinforzo aveva dei piedini sostenuti con cerniere sui blocchi delle fondazioni scavati per 1,40 metri nella roccia. La torre è stata distrutta durante l'assalto della NATO sulla Serbia e su Montenegro.

Siti web: <http://www.yu-build.com/main/e/056/056.html>

**MÜNSTER TELECOMMUNICATIONS Tower**

Münster, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni



<i>Proprietario</i>	OPD Münster
<i>Appalti</i>	Oevermann GmbH & Co. KG
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	222,5 m
<i>diametro</i>	2 - 13,5 m Kulturen,

Siti web: <http://www.oevermann.com/referenzen>

NAGOYA TV Tower

Nagoya, Giappone



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1954
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	Nikken Sekkei
<i>Disegno architettonico</i>	Tachu Naito Architects
<i>Committente</i>	Takenaka Corporation

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	travi di acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	180 m

Siti web: <http://Takenaka:TrackRecordofTowers>

NUREMBERG TRANSMISSION Tower

Norimberga, Germania



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1975 - 1977
<i>Cast tecnico</i>	arch. Erwin Heinle
<i>Progetto strutturale</i>	Leonhardt, Andrä und Partner
<i>Supervisione</i>	Köhler + Seitz

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato piattaforma in acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	292 m
<i>altezza fusto</i>	236 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	185 m
<i>diametro piattaforma</i>	31 m

Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 38-9.

Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 236-7.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/109976>

OLYMPIA Tower (Olympiaturm)

Monaco, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1965 - 1968 in occasione dei Giochi Olimpici del 1972

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	290 m
<i>osservatorio livello superiore min.</i>	171 m
<i>osservatorio livello superiore max.</i>	192 m
<i>altezza dei ristoranti</i>	182 m
<i>capacità dei ristoranti</i>	230
<i>tempo di rotazione dei ristoranti</i>	53 minuti
<i>peso totale</i>	52.500 t
<i>Ascensori</i>	
<i>numero di ascensori</i>	3
<i>capacità</i>	30 persone

Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 40-1.

Siti web: <http://www.great-towers.com>

**OLYMPIC Tower**

Montreal, Canada

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1987
<i>Ubicazione</i>	Olympic Park
<i>Cast tecnico</i>	arch. Roger Taillibert

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	175 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	166 m
<i>portata visuale</i>	80 Kms

Salendo verso i 175 metri di altezza con un angolo di 45 gradi, quella di Montréal è la torre inclinata più alta del mondo.

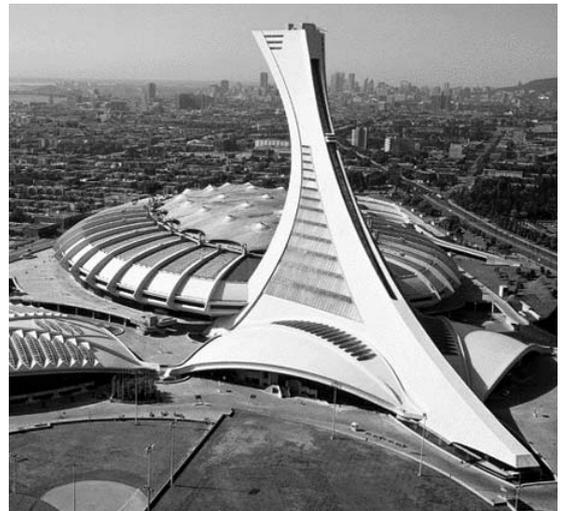
Una struttura vetrata di due piani, porta 92 passeggeri all'Osservatorio della torre, dove li accoglie un ristorante ed al piano superiore un grande salone dalla capacità di 240 persone.

Nella base triangolare della torre vicino allo stadio, alloggia il centro sportivo olimpico del parco. Sono più di 300.000 gli ospiti che visitano annualmente la struttura.

La torre di Montréal era una delle imprese principali del progetto olimpico del parco. Il suo successo è dovuto al genio ed al "know-how" di Quebecers che ha completato il concetto audace dall'architetto francese Roger Taillibert. Il successo dell'insieme architettonico dello stadio e della relativa torre è stato sottolineato nel maggio del 1988, quando la guida Michelin ha assegnato all'architettura generale del parco olimpico tre stelle ed ha dato due stelle alla vista dalla sommità della torre.

Costruito in calcestruzzo ad una profondità di 92 metri, la torre ha raggiunto la sua altezza definitiva nel febbraio del 1987, con l'utilizzo di acciaio per completare gli ultimi 77 metri.

Anche se le 8.000 tonnellate usate per questa parte della torre possono sembrare una cifra enorme, rappresentano un risparmio notevole confrontate con le 14.000 tonnellate necessarie per una struttura in cemento armato. La scelta dell'acciaio ha ridotto realmente la massa totale di 6.000 tonnellate, rendendo inutile l'utilizzo di un supporto centrale sotto il guscio anteriore della torre e riducendo i tempi di costruzione ad un solo





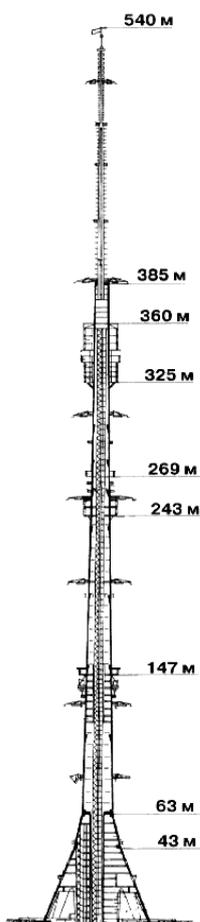
anno. Per rifinire la struttura, sono stati usati quasi 300 moduli d'acciaio su entrambi i lati, denominati cassoni.

I cassoni sono stati fabbricati dalla società Marine Industries. La loro forma variava come le tessere di un puzzle a seconda di dove dovevano essere inserite. Ci si potrebbe chiedere come una struttura pendente come la torre di Montréal si trovi in equilibrio. La risposta si trova nel rapporto delle varie masse. La parte superiore della torre ha una massa 8,000 tonnellate che si uniscono alla sottostruttura in cemento armato. Essa scende ad un livello sotterraneo di una dozzina di metri ed ha una massa di 145.000 tonnellate. Insieme, entrambe le parti spostano il baricentro nel mezzo degli enormi treppiedi.

Siti web: <http://www.rio.gouv.qc.ca>

OSTANKINO Tower

Mosca, Russia



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1959 - 1967
Cast tecnico ing. Nikola Vassiljevich Nikitine
Consulenza ingegneristica Fritz Leonhardt
DATI TECNICI
Materiali struttura in cemento armato
 blocchi di cemento precompresso

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	537 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	360 m
<i>portata visuale</i>	50 Kms
<i>presenza annuale</i>	800.000 visitatori
<i>altezza dei ristoranti</i>	34 m
	331 m
	298 m
<i>numero di gradini</i>	1.706
<i>diametro massimo di asta</i>	18 m
<i>diametro minimo di asta</i>	8,2 m
<i>peso totale</i>	55.000 t
<i>massima velocità del vento</i>	155 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	1,5 m

Antenne
lunghezza totale dell'antenna 150 m

Ascensori
numero di ascensori 7
velocità 29 km/h
capacità 18 persone

Costruzione
profondità sottoterra 3,5 m
numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione 350 persone
costo totale 65.000.000 \$
durata dei lavori 30 anni
data d'inaugurazione 5 maggio 1967

CRONOLOGIA

27 agosto 2000 Sulla torre si sviluppa un incendio, il fuoco invade la parte superiore della torre provocando almeno 4 vittime.

28 agosto 2000 La zona intorno alla torre è dichiarata off-limits per verificare la stabilità della struttura.



Eretta nel 1967, l'Ostankino TV & BC tower è la seconda costruzione indipendente più alta nel mondo. Ha un peso strutturale di oltre 55.000 tonnellate. Con i suoi 540 metri, la torre di Ostankino è una vera sorpresa architettonica in una città scarna di grattacieli. In appena 58 secondi si raggiunge la piattaforma di osservazione della torre ad un'altezza di 337 metri, dalla quale si ha una visione di Mosca completamente diversa da quella usuale. Appena sotto la piattaforma di osservazione ci sono le tre sale ristoranti dette del "settimo cielo". Oltre ad essere un'attrazione turistica, l'Ostankino TV & BC tower trasmette i segnali di 11 stazione televisive, di 12 stazioni di radiodiffusione e di 17 programmi satellitari. La torre è riconoscibile sia per la sua architettura unica e la sua posizione che per le grandi apparecchiature di comunicazioni multiutenza che la strutturano.

Fin dal XIX secolo molti scienziati, ingegneri, inventori hanno lavorato con entusiasmo alla scoperta e allo sviluppo della radio e della televisione. Il 7 maggio 1895, viene considerato come il giorno della scoperta radiofonica, quando il giovane scienziato A.S. Popov mostrò un dispositivo per la trasmissione senza fili dei segnali radiofonici. La data esatta della scoperta della televisione, invece, è difficile da determinare. Tuttavia in Russia, il 1 ottobre 1931 è considerato il compleanno della televisione nazionale.

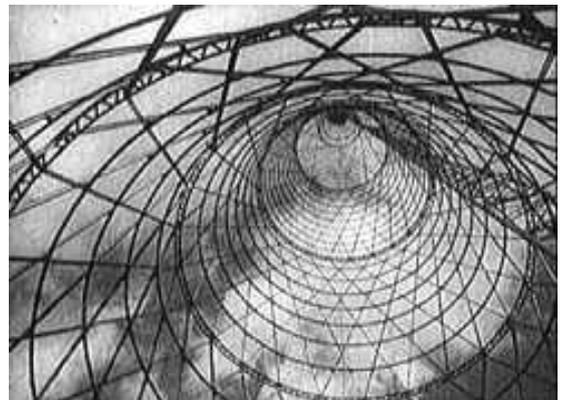
I primi programmi della TV a Mosca sono stati trasmessi dal piccolo studio di un centro di comunicazione radiofonico. Il video segnale ricevuto era piuttosto debole, non molto preciso, ma era comunque sufficiente per distinguere una figura umana e personaggi conosciuti. Alla fine del 1934 le trasmissioni televisive divennero normali. Alla fine del 1936 l'immenso interesse per la televisione in Russia comportò la decisione del Consiglio nazionale dei Commissari di costruire a Mosca una speciale stazione radiofonica e della TV. Fu scelto come luogo la via **Shabolovka** dove già esisteva una torre radiofonica metallica di 150 metri, costruita nel 1922 secondo il progetto dell'Academician Shuhov V.g. In un ridotto lasso di tempo furono costruite due strutture di 100 metri nelle quali disporre uno studio, i fissaggi, i trasmettitori e le attrezzature ausiliarie. Le antenne trasmettenti dei segnali televisivi furono montate in cima alla torre dello Shuhov. La prima trasmissione aerea sperimentale dalla via Shabolovka avvenne il 9 marzo il 1937 ed il 31 dicembre 1938 il centro TV di Mosca (MTVC) iniziò il suo funzionamento permanente. Nel giugno del 1941 con l'inizio della guerra, il MTVC sospese temporaneamente la radiodiffusione e le attrezzature furono spostate a Sverdlovsk.

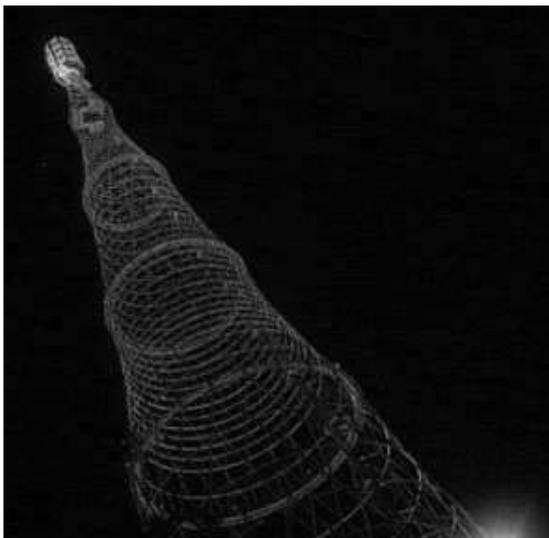
Già prima della conclusione della guerra, nel 1944, iniziarono le attività di ricostruzione del MTVC. Il 7 maggio del 1945 (giorno della radio) MTVC era il primo in Europa ad aver ristabilito la normale trasmissione.

Nel 1946, subito dopo la conclusione della guerra sotto l'iniziativa degli esperti di MTVC, fu emesso un decreto del Consiglio dei Ministri dell'Urss circa la necessità di portare la trasmissione a 625 linee standard.

All'inizio degli anni cinquanta sotto l'iniziativa di MTVC, fu proposto di costruire a Mosca un nuovo centro TV multifunzionale con una torre più alta. Questa proposta fu accettata dal governo ed il 15 luglio 1955 il Consiglio dei Ministri dell'Urss firmò il decreto n. 1271 "ricostruzione del centro TV di Mosca". Secondo il decreto, nel periodo 1955-1958 bisognava eseguire un complesso basato sulla tecnologia aggiornata della televisione con 11 studios, 4 impianti di radiodiffusione e 6 televisivi.

Il 17 marzo 1959 con un decreto del Consiglio dei Ministri, il Ministero delle comunicazioni nominò un istituto (GSPI) responsabile della progettazione della parte tecnologica del progetto, mentre quello architettonico fu affidata all'istituto "Mosproyekt". "Glavmosstroy" fu invece l'appaltatore generale. Il 30 gennaio 1956 Mossovet individuò il luogo adatto per la costruzione della torre della TV, nell'area sud-occidentale di Mosca, nella zona, chiamata "Cheryomushki". Nel marzo del 1959 il cantiere fu trasferito ad Ostankino, in primo luogo sopra al territorio del parco di Dzerzhinskiy.





Nell'aprile 1961 i lavori di costruzione furono rallentati e da luglio praticamente cessati a causa dei dubbi presentati circa l'affidabilità della base della torre fino al mese di giugno 1962 nel quale dopo una serie di esami e discussioni, fu trovata la soluzione finale. Il progetto finale della torre fu pubblicato ed approvato il 22 marzo 1963, gli autori del progetto furono: N.v. Nikitin (progettista), L.i. Batalov e D.i. Burdin (architetti).

L'altezza della torre fu aumentata fino a 520 metri, il numero dei programmi televisivi e radiofonici furono incrementati. Inoltre fu aggiunto sulla torre un complesso meteorologico. La costruzione della torre durò 4 anni. Il 5 novembre 1967, alla vigilia del cinquantenario socialista la torre di Ostankino iniziò la trasmissione di quattro radio e tre programmi televisivi. Da questo giorno per due mesi hanno funzionato quasi simultaneamente i trasmettitori su Shabolovka e Ostankino, fino a girare tutte le antenne di ricezione sui tetti delle case di Mosca verso la nuova torre.

Per la costruzione della torre molti dei partecipanti sono stati premiati dal governo. La torre di Ostankino a quel tempo non era soltanto una costruzione unica per il suo disegno, ma il più grande successo della scienza e dell'ingegneria nazionale. Svolgeva molte altre mansioni di interesse nazionale oltre ad essere una torre di telecomunicazioni.

Dopo la costruzione di un grattacielo sulla Kotelnicheskaya il sistema della comunicazione di radiofrequenza ebbe un calo di potenza di qualità. Le contromisure furono immediate e portarono l'altezza della torre, attraverso una antenna supplementare a 540 metri.

Tra il 1992 ed il 1998 il numero di programmi trasmessi fu aumentato attraverso l'installazione di circa 20 apparecchi differenti.

Dopo la costruzione della torre di Ostankino la torre di **Shuhov** venne disattivata ed attualmente occupa un importante ruolo monumentale.

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 240.
Reina, Peter Moscow Tower's Future Unknown in ENR Engineering News Record, 4 September 2000.

Siti web: <http://www.great-towers.com/fre/towers>
http://icivilengineer.com/Failure_Watch/Moscow_Tower
<http://www.tvtower.ru>
<http://www.great-towers.com/eng/towers>

PEARL OF THE ORIENT

Shanghai, Cina



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1995
Ditte ed uffici coinvolti Jia Hua Cheng

DATI TECNICI

Materiali struttura in acciaio

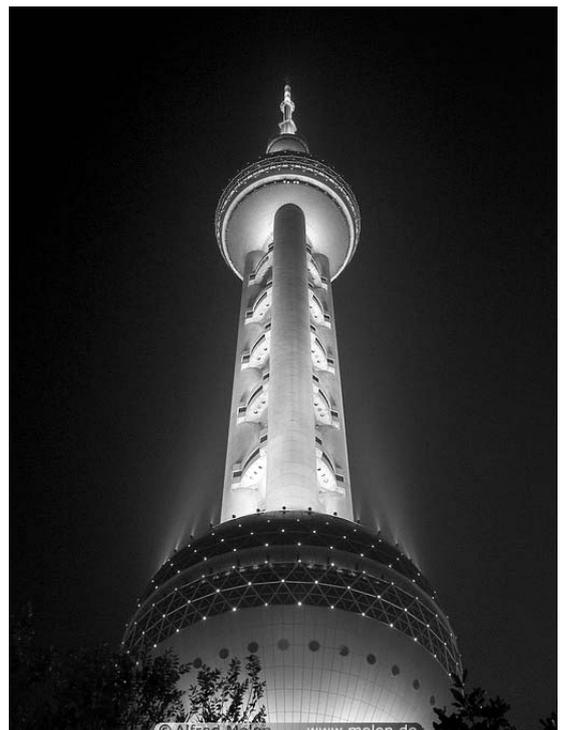
Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	468 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	350 m
<i>portata visuale</i>	100 Kms
<i>altezza degli osservatori</i>	263 m
	339 m
	342 m
<i>portata visuale dagli osservatori</i>	50 Kms
	10 Kms
	5 Kms
<i>altezza dei ristoranti</i>	267 m

<i>capacità dei ristoranti</i>	450 persone
<i>tempo di rotazione dei ristoranti</i>	60 minuti
<i>numero di gradini</i>	2280
<i>diametro massimo di asta</i>	50 m
<i>diametro minimo di asta</i>	16 m
<i>peso totale</i>	120.000 t
<i>area lorda ricoperta al piano terra</i>	54.000 m ²
<i>area netta di superficie usufruibile</i>	20.000 m ²
<i>massima velocità del vento</i>	600 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	2,7 m
<i>capacità dei serbatoi d'acqua</i>	184 m ³
<i>Antenne</i>	
<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	118 m
<i>peso dell'antenna</i>	450 t
<i>oscillazione dell'antenna dal centro</i>	2,7 m
<i>numero di impianti trasmettenti</i>	19
<i>Ascensori</i>	
<i>numero di ascensori</i>	6
<i>nome del fabbricante</i>	Otis
<i>velocità</i>	25 km/h
<i>capacità</i>	30 persone
<i>capacità per ora</i>	700 persone
<i>Costruzione</i>	
<i>profondità sottoterra</i>	18 m
<i>quantità di cemento adoperato</i>	12.500 m ³
<i>quantità di acciaio</i>	12.700 t
<i>peso della struttura metallica</i>	1.500 t
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	2.600 persone
<i>costo totale</i>	100.000.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	3 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	1 maggio 1995

Letteratura: Jiang, H. Oriental Pearl Tower, Shanghai, China in SEI Structural Engineering International, August 1996 n. 3 v. 6

La “perla d’oriente” è una struttura multifunzionale che soddisfa i vari bisogni del turismo, del commercio, della ristorazione, dell’intrattenimento e della telecomunicazione. Alta 468 metri è la terza più alta dell’Asia dopo quella CN e quella di Ostankino. È situata alla punta di Lujiazui, sulle sponde del fiume Huangpu, appena di fronte al famoso Bund di Schanghai. Tenendo conto della posizione geografica e del ruolo storico della città, i progettisti, ispirandosi al concetto poetico “delle perle grandi e piccole che cadono su una piastra verde smeraldo”, hanno organizzato 11 tra grandi e piccole costruzioni sferiche di altezze differenti insieme ad alcuni servizi al livello del suolo, che spiccano fra gli alberi verdi ed i prati. La configurazione della torre è eccezionale ed unica e resta il solo esempio al mondo nella storia delle torri di telecomunicazioni. La torre è servita non solo a migliorare la ricezione FM e della TV per i 13 milioni di abitanti di Schanghai, ma si è trasformata in un importante simbolo per attirare milioni e milioni di turisti. È formata da tre grandi colonne di 9 metri di diametro, il “modulo dello spazio”, la sfera superiore, la sfera inferiore, cinque piccole sfere, la base e la piazza. È dotata di un sistema d’illuminazione tridimensionale, che la rende molto colorata ed affascinante. Il pavimento del belvedere della brillante sfera superiore è all’altezza di 263 metri ed ha un diametro di 45 metri; è il miglior posto per una vista panoramica di Schanghai. Nelle giornate serene la vista arriva allo Sheshan, all’isola di Chongming e al fiume Yangtze. Nella sfera superiore, si trova il ristorante girevole, la discoteca, il piano bar e venti stanze della KTV. Il





“modulo dello spazio”, che torreggia su nel cielo all'altezza di 350 metri, è composto da un salone panoramico, la sala congressi ed il bar. Nelle cinque sfere è situato l'hotel “dello spazio” con venti comode suites a 140-230 metri di altezza.

Siti web: <http://chinaguides.shanghai-window.com/destination/shanghai/attractions/pudong/tvtower/tvtower.asp>
<http://www.great-towers.com/eng/towers>

PRAHA TV Tower

Praga, Repubblica Ceca



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1985 - 1992

DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	216 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	100 m
<i>portata visuale</i>	100 Kms
<i>data d'inaugurazione</i>	18 febbraio 1992

Dal 1978, fu presa la decisione di sviluppare un nuovo centro di comunicazioni radio per Praga per far fronte a tutte le richieste di fornitura di servizi di telecomunicazione.

Furono dieci le varianti esaminate per la posizione della nuova struttura e quella dei giardini di Mahler nel quartiere $\square\square$ kov sembrò la più adatta rispetto alla pianificazione della città e alla sicurezza delle rotte di volo. Si gode di una splendida vista panoramica di Praga e della Boemia dai tre belvedere a 100 metri d'altezza o dal ristorante della torre.

Siti web: <http://www.great-towers.com/eng/towers/praguehtml.htm>
<http://www.tower.cz/>

PSUNJ TV Tower

Psunj, Croazia



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1962 - 1963
Progettista Marjan Ivancic
Ditte ed uffici coinvolti Metalprojekt
Appalti Mostogradnja

DATI TECNICI

Materiali struttura in acciaio

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	128,5 m
<i>peso struttura d'acciaio</i>	185 t
<i>larghezza alla base</i>	16 x 16 m

La torre situata sul monte Psunj è una struttura indipendente attrezzata per le telecomunicazioni dell'altezza di 128,5 metri, costituita da una serie di tubi di acciaio a sezione rotonda, completamente saldati tra loro. La struttura è suddivisa da sette piattaforme sulle quali sono installate le varie antenne e le parabole.

Siti web: <http://www.yu-build.com/main/e/053/053.html>
<http://www.great-towers.com>

PYLÔNE ROC'H TRÉDUDON

Plounéour, Finistère, Francia

<i>Tipo strutturale</i>	struttura con tiranti
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1974
<i>Proprietà</i>	Télédiffusion de France (TDF)

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	cavi e tiranti di acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	220 m

Siti web: <http://perso.wanadoo.fr/tvignaud/galerie>
<http://phototheque.iside.net/photo>

**RADIO WARSAW TRANSMISSION Tower**

Konstantynów, Polonia

<i>Tipo strutturale</i>	struttura con tiranti
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1974 - distrutta nel 1991

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	travi e tiranti di acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	646,38 m
<i>peso della struttura d'acciaio</i>	550 t

CRONOLOGIA

18 luglio 1974	la torre viene completata
22 luglio 1974	inizio della trasmissione dei segnali
10 agosto 1991	la struttura crolla durante i lavori di rinnovazione

Siti web: <http://www.great-towers.com>

**RHINE Tower (Rheinturm)**

Düsseldorf, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Ubicazione</i>	sponde del fiume Rhine
<i>Anno di costruzione</i>	1982
<i>Cast tecnico</i>	arch. Herald Deilmann

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	234,20 m
<i>diametro alla base</i>	34 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	174,5 m
<i>altezza del ristorante girevole</i>	172 m
<i>Ascensori</i>	
<i>numero di ascensori</i>	4
<i>velocità</i>	4 m/s
<i>Costruzione</i>	
<i>profondità sottoterra</i>	18,35 m
<i>quantità di cemento adoperato nella copertura</i>	7.500 m ³
<i>peso della struttura metallica</i>	22.500 t

Un sistema di illuminazione fra la base e la piattaforma forma il più grande orologio digitale del mondo.





Letteratura: AIV Düsseldorf Architekten und Ingenieure gestalten ihre Stadt, Richter-Verlag, Düsseldorf (Germany), 1993.
 Eckart, Kai Den Wolken Entgegen (2nd edition), Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998; pp. 52-3.
 Kanz, Roland Architekturführer Düsseldorf, Dietrich Riemer Verlag, Berlin (Germany), 2001; pp. 81.

Siti web: <http://www.rp-online.de/duesseldorf/messe/cityguide/en>
<http://www.duesseldorf-today.rp-online.de/cityguide>
<http://www.duesseldorf-tourismus.de>
<http://www.emporis.com/en/wm/bu/109922>

RIYADH TELEVISION Tower

Riyadh, Arabia Saudita



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1978 - 1981
Progettazione arch. Maurice Novarina
Ditte ed uffici coinvolti
designer ADETE
esecutori Dyckerhoff & Widmann AG (DYWIDAG)

DATI TECNICI

Materiali struttura di acciaio
Dimensioni e Quantità
altezza 170 m

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 248.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/125893>

SAINT CHRISCHONA TRANSMISSION Tower

Basel, Svizzera



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1980 - 1983
Cast tecnico arch.tti Aegerter & Bosshardt
 ing.ri Vischer und Weber

DATI TECNICI

Materiali struttura in cemento armato
Dimensioni e Quantità
altezza 250 m
durata dei lavori 3 anni
data d'inaugurazione 2 agosto 1984

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 249.

Siti web: <http://en.structurae.de/structures/data>

SEOUL Tower

Seoul, Corea del Sud

Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1980

Cast tecnico

Jong Youl Chang

DATI TECNICI

Materiali

struttura in cemento armato

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	237 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	136 m
<i>portata visuale</i>	60 Kms
<i>altezza dei ristoranti</i>	133 m
<i>capacità dei ristoranti</i>	184
<i>tempo di rotazione dei ristoranti</i>	40 minuti
<i>numeri di gradini</i>	649
<i>diametro massimo di asta</i>	30 m
<i>diametro minimo di asta</i>	10 m
<i>numero di finestre</i>	85
<i>peso totale</i>	15.000 t
<i>area lorda ricoperta al piano terra</i>	9.486 m ²
<i>massima velocità del vento</i>	160 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	0,2 m
<i>capacità dei serbatoi d'acqua</i>	304.814 l

Antenne

<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	101 m
<i>peso dell'antenna</i>	20 t
<i>oscillazione dell'antenna dal centro</i>	1 m

Ascensori

<i>numero di ascensori</i>	2
<i>nome del fabbricante</i>	Otis
<i>velocità</i>	14,5 km/h
<i>capacità</i>	24 persone
<i>capacità per ora</i>	480 persone

Costruzione

<i>profondità sottoterra</i>	11 m
<i>quantità di cemento adoperato</i>	92.500 m ³
<i>quantità di acciaio</i>	560 t
<i>peso della struttura metallica</i>	20 t
<i>durata dei lavori</i>	6 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	30 luglio 1975

La torre di Seoul è stata aperta al pubblico nel 1980 e da quel momento è diventata uno dei simboli della città ed una delle attrazioni turistiche più popolari. Elevantosi di 237 metri dalla sommità del monte Namsan, ad un'altitudine di 480 metri sopra il livello del mare, la torre è il limite più evidente di Seoul. La sua principale funzione è quella della telecomunicazione integrata dei segnali televisivi e radiofonici FM che vengono trasmessi nell'area metropolitana.

Per i visitatori però, in 30 secondi è possibile salire attraverso due veloci ascensori ad un'altezza di 135 metri fino alla piattaforma di osservazione dove ci sono due saloni panoramici coperti, un terrazzo ed un ristorante girevole, dai quali nelle giornate serene si gode di una splendida vista della città e del territorio circostante fino a spingere la vista alla lontana costa occidentale verso Incheon.

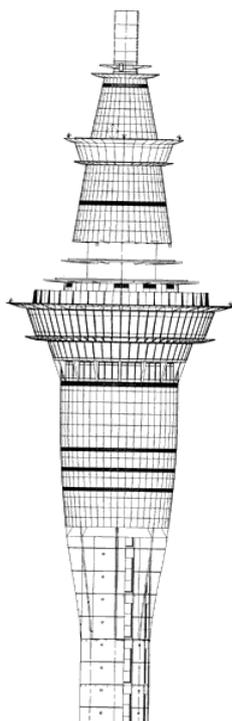
Scendendo poi verso il basamento, la torre è organizzata in maniera differenziata per poter offrire ai turisti ogni tipo di attrazione tra le quali il "Global Village Folk Museum", il "Fairy Land" e l'acquario sotterraneo chiamato "Musical Animal Land".

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/106771>
<http://www.great-towers.com/eng/towers>
<http://www.seoultower.co.kr/>



SKY Tower

Auckland, Nuova Zelanda



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1997
<i>Cast tecnico</i>	arch.tti Craig, Moller & Associates
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	struttura in acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	328 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	220 m
<i>portata visuale</i>	85 Kms
<i>altezza degli osservatori</i>	217 m
	191 m
	182 m
<i>portata visuale degli osservatori</i>	85 Kms
	80 Kms
<i>altezza dei ristoranti</i>	187 m
<i>capacità dei ristoranti</i>	150 persone
<i>tempo di rotazione dei ristoranti</i>	dai 30 ai 90 minuti
<i>numeri di gradini</i>	1.307
<i>diametro massimo di asta</i>	12 m
<i>diametro minimo di asta</i>	12 m
<i>peso totale</i>	40000 t
<i>area lorda ricoperta al piano terra</i>	5.500 m ²
<i>area netta di superficie usufruibile</i>	5.500 m ²
<i>massima velocità del vento</i>	200 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	1 m
<i>Antenne</i>	
<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	92,2 m
<i>peso dell'antenna</i>	170 t
<i>oscillazione dell'antenna dal centro</i>	2 m
<i>numero di impianti trasmettenti</i>	15
<i>Ascensori</i>	
<i>numero di ascensori</i>	4
<i>nome del fabbricante</i>	Schindler
<i>velocità</i>	21 km/h
<i>capacità</i>	29 persone
<i>capacità per ora</i>	1.000 persone
<i>Costruzione</i>	
<i>profondità sottoterra</i>	15 m
<i>quantità di cemento adoperato</i>	15.000 m ³
<i>quantità di acciaio</i>	2.000 t
<i>peso della struttura metallica</i>	660 t
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	400 persone
<i>costo totale</i>	50.000.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	2,5 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	3 agosto 1997

Con i suoi 328 metri la "Sky Tower" è la struttura più alta della Nuova Zelanda che attira circa un milioni di turisti all'anno.

La torre può accogliere in qualsiasi momento 850 persone tra i saloni panoramici al chiuso e all'aperto ed il ristorante girevole dei piani alti, le sale attrezzate per le telecomunicazioni ed i vari servizi quali bar e locali commerciali situati nel basamento e nell'ingresso sotterraneo.

Siti web: <http://www.skycity.co.nz>

SOELVESBORG RADIO MASTS

Soelvesborg, Svezia

<i>Tipo strutturale</i>	struttura reticolare
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1985

DATI TECNICI

<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	135 m
<i>peso struttura d'acciaio</i>	70 t

Note: affiancata da una struttura identica.

Siti web: <http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0010592>

**SPACE NEEDLE**

Seattle, USA

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1960 - 1961
<i>Cast tecnico</i>	arch. John Graham & Associates

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	184,4 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	152,4 m
<i>massima velocità del vento</i>	322 km/h
<i>data d'inaugurazione</i>	21 aprile 1962

Lo Space Needle fu progettato per la fiera mondiale di Seattle del 1962. La struttura futuristica si è trasformata in un simbolo per la città ed è il luogo dedicato agli eventi come i fuochi d'artificio che salutano il nuovo anno. La costruzione ha richiesto uno scavo profondo 37 metri riempito con 467 camion di cemento. Le fondazioni pesano quanto il resto della struttura.

Siti web: <http://www.skyscraperpage.com/cities/?buildingID=1294>

**STAR Tower**

Cincinnati, USA

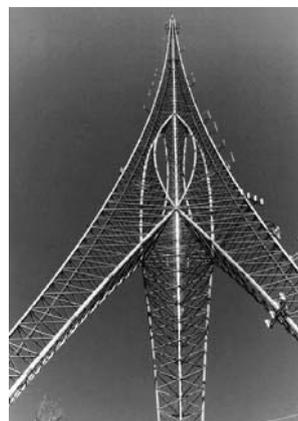
<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1991
<i>Cast tecnico</i>	Landmark Tower Company

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	291,38 m

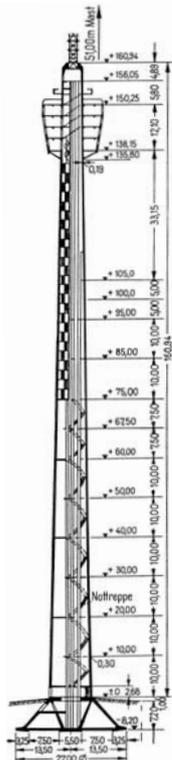
La struttura di 291 metri è formata da tre rami che dal basamento sono stati eretti con una gru e sono stati uniti al primo livello. Da quel punto in poi, tutta l'ulteriore costruzione è stata fatta con un enorme elicottero.

Siti web: http://hawkins.pair.com/star_tower.html

**STUTTGART TELEVISION Tower (Stuttgarter Fernsehturm)**

Stoccarda, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni



Anno di costruzione 1954 - 1956
Proprietà Süddeutscher Rundfunk (SDR)
Cast tecnico arch. Fritz Leonhardt
 arch. Erwin Heinle
Ditte ed uffici coinvolti G. Epple
 Wayss & Freytag

DATI TECNICI

Materiali struttura in cemento armato
 antenna e piattaforma in acciaio

Dimensioni e Quantità

altezza 217 m
diametro fondazione 27 m
diametro alla base 10,80 m
diametro piattaforma 5,10 m
altezza dei ristoranti 153,5 m
 150 m
spessore max delle pareti 0,8 m

Ascensori

velocità 5 m/s

Costruzione

peso totale della struttura 3.000 t
peso della base 1.500 t
data d'inaugurazione 5 febbraio 1956



Ci sono voluti 20 mesi per la costruzione della torre di Stoccarda. A quei tempi nessuna struttura al mondo offriva una miscela così varia tra colonna greca, ciminiera e torre di telecomunicazioni. Appena 10 anni dopo il numero di discendenti era già numeroso. Malgrado la piccola altezza di 217 metri, la torre di Stoccarda, che può essere considerata il prototipo delle moderne torri televisive, è rimasta "la miniatura di un gigante". Inizialmente, il "Süddeutscher Rundfunk" aveva l'intenzione di installare le sue antenne per le trasmissioni televisive e radiofoniche su di un traliccio di ferro alto 200 metri, teso con dei cavi.

Un progetto di questa importanza risvegliò l'interesse dell'ingegnere di Stoccarda Dott. Fritz Leonhardt che aveva guadagnato una buona reputazione nel campo della costruzione e stabilità dei ponti.

La sua idea, per renderla un investimento vantaggioso, era di far spiccare dalla foresta di Degerloch una struttura elegante in cemento armato ed equipaggiarla nella parte superiore di un "involucro" contenente delle attrazioni turistiche come ristoranti, e sale panoramiche. Il "Süddeutscher Rundfunk" fu entusiasta ed accettò di buon grado il progetto.

Il successo di Leonhardt arrivò dopo cinque anni: l'edificio attirò centinaia di migliaia di visitatori.

Letteratura: Fernsehturm-Betriebs-GmbH Fernsehturm Stuttgart, Fernsehturm-Betriebs-GmbH, Stuttgart (Germany), 1991.

Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 222-224.

Leonhardt, Fritz Der Stuttgart Fernsehturm in Beton- und Stahlbetonbau, 1956 v. 51.

Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 486-488.

Siti web: <http://www.alien-ufu.de/forum/thread.php?threadid=11689>
<http://www.arcguide.de/arcguide/arclife/architekturfuhrer>
<http://www.archinform.net/projekte/1110.htm>
<http://www.fernsehturm-stuttgart.com/>
<http://www.stuttgart-tourist.de/alles/sehen/s06.htm>

SUTRO Tower

San Francisco, California, USA

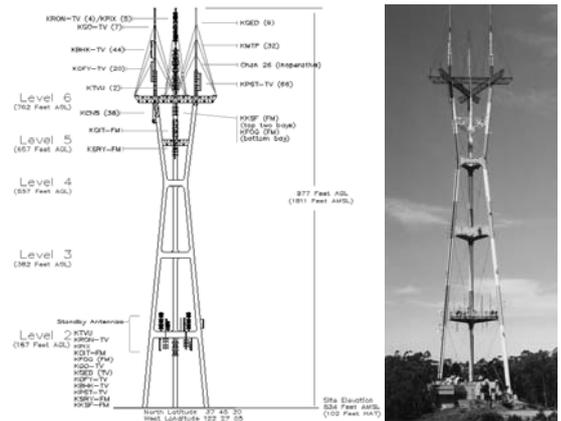
Tipo strutturale struttura reticolare
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1985

DATI TECNICI

Materiali struttura in acciaio
Dimensioni e Quantità
altezza 295 m

Chiamata così in onore di Adolph Sutro, un filantropo e latifondista locale, la torre è utilizzata per la trasmissione di 10 canali televisivi e 4 stazioni di radiodiffusione.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/118751>

**TALLINN TV Tower (Talinna teletorn)**

Tallinn, Estonia

Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1975 - 1980 in occasione delle Olimpiadi 1980
Cast tecnico arch. David Baziladze
 arch. Juri Sinis

DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità
altezza 314 m
diametro massimo 38 m
osservatorio livello superiore 170 m
peso totale 20.000 t
data d'inaugurazione 1 luglio 1980

Siti web: <http://www.teletorn.ee/>
<http://www.great-towers.com/eng/towers/tallinnhtml.htm>

**TASHKENT Tower**

Tashkent, Uzbekistan

Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1985
Cast tecnico arch.tti Terxiev, Tsarucov & Semashko
 ing.ri Morosov, Muskeev

DATI TECNICI

Materiali struttura in acciaio
Dimensioni e Quantità
altezza 375 m
osservatorio livello superiore 318 m
portata visuale 20 - 25 Kms
altezza dei ristoranti 105 m
 109 m
capacità dei ristoranti 120
tempo di rotazione dei ristoranti dai 45 ai 90 minuti
numeri di gradini 1.200
diametro massimo di asta 27,2 m
diametro minimo di asta 11,6 m
numero di finestre 120





<i>peso totale</i>	7.200 t
<i>area netta di superficie usufruibile</i>	12.600 m ²
<i>massima velocità del vento</i>	108 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	5 m
<i>capacità dei serbatoi d'acqua</i>	6.000 l
<i>Antenne</i>	
<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	155 m
<i>peso dell'antenna</i>	5 t
<i>Ascensori</i>	
<i>numero di ascensori</i>	3
<i>velocità</i>	14 km/h
<i>capacità</i>	6 persone
<i>Costruzione</i>	
<i>profondità sottoterra</i>	11 m
<i>quantità di acciaio</i>	4.000 t
<i>peso della struttura metallica</i>	6.000 t
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	350 persone
<i>costo totale</i>	14.500.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	6 anni
<i>data d'inaugurazione</i>	15 gennaio 1985

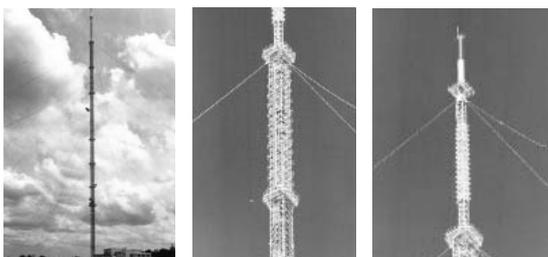
La torre di Tashkent è una struttura alta 375 metri che unisce lo stile tradizionale uzbeko all'architettura contemporanea. La torre ospita l'apparecchiatura per la radio, per la televisione ed altri tipi di comunicazioni. I visitatori possono raggiungere grazie a tre veloci ascensori il salone panoramico ed i due ristoranti. Inoltre la stazione meteorologica della torre fornisce al settore agricolo le informazioni necessarie sui cambiamenti climatici.

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 256.

Siti web: <http://www.great-towers.com/eng/towers>
<http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/107716>

TDF NIORT-MAISONNAIS

Niort, Maisonnay, Francia



<i>Tipo strutturale</i>	struttura con tiranti
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	travi e tiranti di acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	330 m

Siti web: <http://f5nsl.chez.tiscali.fr/fm79p-m.html>

TEL AVIV TRANSMISSION Tower

Tel Aviv, Israele

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1987
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
<i>altezza totale</i>	156 m
<i>altezza senza antenna</i>	138 m

Siti web: <http://en.structurae.de/structures/data>

TELECOMMUNICATIONS TOWER ON THE FRAUENKOPF

Stoccarda, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1970 - 1972
<i>Proprietà</i>	Deutsche Bundespost
<i>Cast tecnico</i>	ing. W. Pfefferkorn
<i>Progettazione strutturale</i>	Leonhardt, Andrä und Partner
<i>Costruzione</i>	Siemens-Bauunion Wayss & Freytag

DATI TECNICI

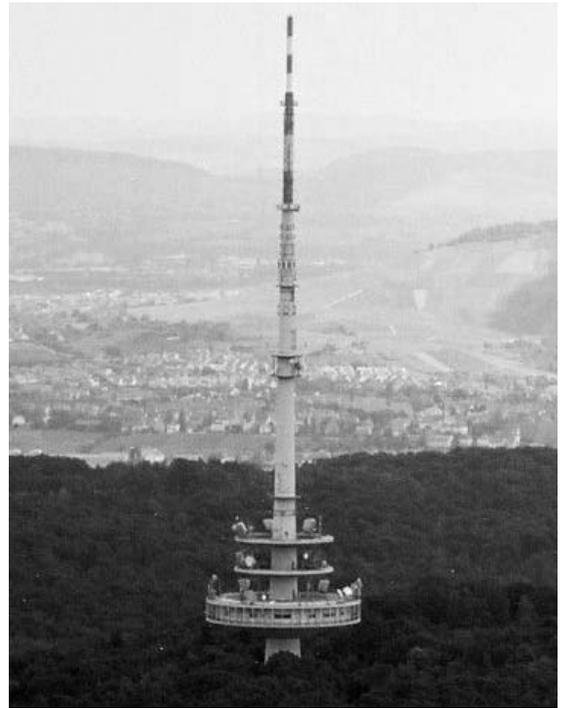
<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato piattaforma in acciaio
------------------	---

Dimensioni e Quantità

<i>altezza totale</i>	192,4 m
<i>altezza del fusto</i>	142,5 m
<i>diametro alla base</i>	12,23 m
<i>diametro minimo</i>	6,4 m
<i>diametro piattaforma</i>	40,6 m

Letteratura: Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 489-490.

Siti web: <http://www.sydneycitytour.com.au>

**TELEMAX**

Hanover, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1989 - 1992
<i>Progetto strutturale</i>	ing. Hans U. Böckler
<i>Ditte ed uffici coinvolti</i>	grbv Beratende Ingenieure

DATI TECNICI

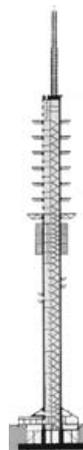
<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
------------------	-----------------------------

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	282 m
----------------	-------

Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 42-3.

Siti web: <http://www.grbv.de/homepage/referenzen/telemax>

**TELEVISION TOWER AT TIFLIS**

Tbilisi, Georgia

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1950

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in acciaio
------------------	----------------------

Dimensioni e Quantità

<i>altezza totale</i>	274,5 m
<i>altezza senza antenna</i>	167 m

Siti web: <http://www.skyscraperpage.com/diagrams>



TELEVISION TOWER ON MOUNT JESTED

Praga, Repubblica Ceca



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1968

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato e acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	100 m
<i>diametro alla base</i>	13 m
<i>diametro minimo</i>	5 m

Letteratura: Heinle, Erwin and Fritz Leonhardt Türme aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart (Germany), 1997 ; p. 255.

Siti web: <http://en.structurae.de/structures/data>

TIAN Tower (Tian Ta)

Tianjin, Cina



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1991

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	368 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	253 m
<i>portata visuale</i>	144 Kms

La torre televisiva e radiofonica di Tianjin chiamata "Tian Ta" è situata a sud-ovest della città ed è circondata da un lago di circa 210.000 metri quadri che la rende particolarmente affascinante. Tra i 248 ed i 278 metri di altezza si distinguono sette piani, al primo dei quali è situato il ristorante per 100 persone, mentre al secondo a 253 metri, si trova il salone panoramico. Ancora più in alto a 257 metri dal suolo si incontra il ristorante girevole. La "Tian Ta" ospita 9 stazioni radiofoniche FM e 7 canali televisivi che coprono un raggio di 100 Km. Inoltre sono installate su di essa le apparecchiature per le previsioni meteorologiche, sul controllo ambientale, sul trasporto ed altri servizi. Inoltre la torre è diventata un vero e proprio simbolo per la città.

Siti web: <http://www.great-towers.com/eng/towers/>

TOKYO Tower

Minato City, Tokyo, Giappone



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1958

Cast tecnico
Tachu Naito Architects
arch. Nikken Sekkei
Takenaka Corporation

Costruzione

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura di acciaio
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	333 m
<i>osservatorio livello superiore</i>	150 m
	250 m

<i>portata visuale</i>	200 Kms
<i>numeri di gradini</i>	590
<i>diametro massimo di asta</i>	80 m
<i>diametro minimo di asta</i>	3,2 m
<i>peso totale</i>	4.000 t
<i>area lorda ricoperta al piano terra</i>	3.300 m ²
<i>area netta di superficie usufruibile</i>	23.100 m ²
<i>massima velocità del vento</i>	288 km/h
<i>flessione a questa velocità</i>	0,3 m
<i>capacità dei serbatoi d'acqua</i>	1.000 l
<i>Antenne</i>	
<i>lunghezza totale dell'antenna</i>	79 m
<i>oscillazione dell'antenna dal centro</i>	0,3 m
<i>numero di impianti trasmettenti</i>	15
<i>Ascensori</i>	
<i>numero di ascensori</i>	4
<i>nome del fabbricante</i>	Mitsubishi
<i>velocità</i>	9 km/h
<i>capacità</i>	32 persone
<i>capacità per ora</i>	2.880 persone
<i>Costruzione</i>	
<i>profondità sottoterra</i>	20 m
<i>quantità di acciaio</i>	4.000 t
<i>peso della struttura metallica</i>	4.000 t
<i>numero di persone che hanno lavorato alla realizzazione</i>	220 persone
<i>costo totale</i>	30.000.000 \$
<i>durata dei lavori</i>	18 mesi
<i>data d'inaugurazione</i>	23 dicembre 1958

Letteratura: Dupré, Judith Skyscrapers, Black Dog & Loventhal, New York (USA), 1996 ; p. 76-77.

Siti web: <http://jin.jcic.or.jp/atlas/architecture/arc08.html>
<http://eos-d230.hq.nasda.go.jp/realtime.html>
<http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/105115>
http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/engi_e/c02/c02_3.html
<http://www.tokyotower.co.jp/>
<http://www.great-towers.com/eng/towers>



TORRE DE COMUNICACIONES PARA TELEVISIÓN

Maldonado, Uruguay

<i>Tipo strutturale</i>	colonna
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1985 - 1986
<i>Cast tecnico</i>	arch. Eladio Dieste
<i>Proprietà</i>	Canal 9 del Este
DATI TECNICI	
<i>Materiali</i>	mattoni
<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	66 m
<i>diametro interno</i>	3,50 m

Letteratura: Barthel, Rainer Eladio Dieste, Verlag Das Beispiel, Darmstadt (Germany), 2001 ; p. 107-109.

Siti web: <http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?ID=s0003535>

TORRE DE ESPAÑA

Madrid, Spagna



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1982
<i>Costruzione</i>	Dragados Ferrovial

DATI TECNICI

<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	231 m

La piattaforma belvedere è di uso esclusivo della televisione pubblica spagnola (TVE).

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/111983>

TOUR HERTZIENNE TDF DE ROMAINVILLE

Romainville, Francia



<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1984
<i>Proprietà</i>	Télédiffusion de France (TDF)
<i>Progettazione architettonica</i>	Claude Vasconi & Partners
<i>Progettazione strutturale</i>	Structec
<i>Costruzione</i>	S.A.E. Société Auxiliaire d'Entreprise SOCOTEC
<i>Committente</i>	Demay - S.A.E. Société Auxiliaire d'Entreprise

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	fondazioni in cemento armato fusto in cemento armato piattaforma in calcestruzzo precompresso
------------------	---

<i>Dimensioni e Quantità</i>	
<i>altezza</i>	108 m
<i>diametro</i>	9,60 m
<i>Fondazioni circolari</i>	
<i>volume calcestruzzo</i>	2.700 m ³
<i>quantità acciaio</i>	350 t
<i>Fusto</i>	
<i>volume calcestruzzo</i>	2.600 m ³
<i>quantità acciaio</i>	320 t
<i>Piattaforme</i>	
<i>volume calcestruzzo</i>	3.000 m ³
<i>quantità acciaio</i>	200 t
<i>quantità acciaio precompresso</i>	40 t

Letteratura: Tour hertzienne de Romainville in Technique française du Béton Précontraint, IXe Congrès de la FIP Stockholm 1982 .

Siti web: <http://www.claude-vasconi.fr/projets/tdf/tdf.htm>

TRANSMISSION TOWER NEAR KOBLENZ

Koblenz, Germania

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
<i>Anno di costruzione</i>	1972 - 1976

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
------------------	-----------------------------

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	255 m
----------------	-------

La piattaforma belvedere è di uso esclusivo delle società che gestiscono i servizi di telecomunicazione. La struttura è situata sul monte Kùhkopf e guarda la città di Koblenz.

Letteratura: Eckart, Kai Den Wolken Entgegen, Herbert Utz Verlag, Munich (Germany), 1998 ; p. 48-9.

Siti web: <http://www.nationmaster.com/encyclopedia/Fernmeldeturm>

**ULM-ERMINGEN TELECOMMUNICATIONS Tower***Ermingen, Ulm, Germania*

<i>Tipo strutturale</i>	struttura di trave a mensola verticale
-------------------------	--

<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
-----------------	------------------------

<i>Anno di costruzione</i>	1963 - 1964
----------------------------	-------------

<i>Proprietà</i>	Deutsche Bundespost
------------------	---------------------

<i>Costruzione</i>	Alfred Kunz GmbH & Co
--------------------	-----------------------

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	struttura in cemento armato
------------------	-----------------------------

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	162 m
----------------	-------

<i>diametro alla base</i>	11,50 m
---------------------------	---------

<i>diametro minimo</i>	2,90 m
------------------------	--------

<i>diametro piattaforma</i>	12,90 m
-----------------------------	---------

Letteratura: Schlaich, Jörg and Matthias Schüller Ingenieurbauführer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin (Germany), 1999 ; p. 491.

Siti web: <http://www.skyscrapers.com/re/en/wm/bu/138399>

**WDAF Tower (Fox 4 Tower)***Summit, Kansas City, Missouri, USA*

<i>Tipo strutturale</i>	struttura con tiranti
-------------------------	-----------------------

<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
-----------------	------------------------

<i>Anno di costruzione</i>	1967
----------------------------	------

DATI TECNICI

<i>Materiali</i>	travi e tiranti di acciaio
------------------	----------------------------

Dimensioni e Quantità

<i>altezza</i>	354 m
----------------	-------

Siti web: <http://www.skyscraperpage.com/cities/?buildingID=6980>

**WLW Tower***Mason, Ohio, USA*

<i>Tipo strutturale</i>	struttura con tiranti
-------------------------	-----------------------

<i>Funzione</i>	torre di comunicazioni
-----------------	------------------------

<i>Anno di costruzione</i>	1933
----------------------------	------

DATI TECNICI*Dimensioni e Quantità*

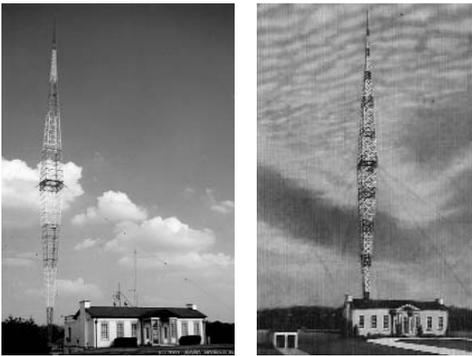
<i>altezza</i>	227,7 m
----------------	---------

Siti web: <http://hawkins.pair.com/blaw-knox.html>



WSM-AM BLAW-KNOX Tower

Nashville, Tennessee, USA



Tipo strutturale struttura con tiranti
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1932

DATI TECNICI

Dimensioni e Quantità
altezza 267,6 m

Siti web: <http://hawkins.pair.com/blaw-knox.html>
http://www.tower-pro.net/Pictures_of_interest/wsm
<http://www.vintageviews.org/vv-3/superlatives/pages>
<http://www.wsmonline.com/page.asp?Page=68>

YLE TRANSMISSION TOWER (PASILAN LINKKITORNI)

Pasila, Helsinki, Finlandia



Tipo strutturale struttura di trave a mensola verticale
Funzione torre di comunicazioni
Anno di costruzione 1983

DATI TECNICI

Materiali struttura in cemento armato
Dimensioni e Quantità
altezza 140 m
altezza della piattaforma tecnica 112 m

Siti web: <http://www.zorro.org/scripts/camera.dll?US>

Riferimenti bibliografici

Antinori A., *Le telecomunicazioni italiane*. Edizioni dell'Ateneo, Roma: amministrazione P.T., 1962.

Arnheim R., *Arte e percezione visiva*. Feltrinelli Editore, Milano, 1962.

AV Monografias - Santiago Calatrava, 1996, n.61, numero monografico.

Bernardini A., *Lezioni del corso di "Sistemi di telecomunicazione"*. Roma, 1996.

Bronzi G., *La tecnica dei radiotrasmittitori per le telecomunicazioni e per le radiodiffusioni*. Bologna, 1949.

Cotone G., *Impianti di cavi terrestri per telecomunicazioni*. Roma, 1967.

El Croquis- Santiago Calatrava 1989/1992, 1992, n.57, numero monografico.

El Croquis- Santiago Calatrava, 1992, n.38, numero monografico.

Fernsehturm Hauptstadt Berlin, in *Neues Deutschland vom 13. Febbraio* 1965.

Henselmann H., *Die Gestaltung des Zentrums....* A.a.O..

Hertzberger H., *Lezioni di architettura*. Editori Laterza, 1996.

Lensi E., *L'importanza delle telecomunicazioni nella vita moderna*. Roma: amm.ne P.T. 1962.

Lynch K., *L'immagine della città*. Marsilio Editori, Venezia, 1964.

Müller P., *Symbol mit Aussicht. Die Geschichte des Berliner Fernsehturm*. Berlin, 2000.

Niutta A., *Tecnica delle telecomunicazioni a grande distanza*. Milano, 1962.

Polano S., *Santiago Calatrava. Opera Completa*. Milano, 1996.

Salvatori M., *Perché gli edifici stanno in piedi*. Strumenti Bompiani, 1993.