



***Programma software ALDENA per  
ambiente Windows® per la previsione dei  
campi elettromagnetici generati da  
antenne trasmettenti***

*I principi di funzionamento*



Distribuito da: **MPB srl** - Via Giacomo Peroni 400/402 - 00131 Roma – Tel.: 06 41200744 – Fax: 06 41200653  
Sito Web [www.gruppompb.com](http://www.gruppompb.com) - E-Mail Supporto Tecnico: [assistenza@gruppompb.com](mailto:assistenza@gruppompb.com)

Prodotto da: **Telecomunicazioni Aldena srl** - Via A. Volta, 13 - 20090 Cusago MI – Tel.: 02 90390461 – Fax: 02 90390475  
Sito Web: [www.aldenasoft.it](http://www.aldenasoft.it) - E-Mail Supporto Tecnico: [software.support@aldenatlc.it](mailto:software.support@aldenatlc.it)

## Scopo del programma

*NFA3D* è un programma di calcolo per la previsione dei livelli di campo elettromagnetico presente nelle vicinanze di antenne trasmittenti che irradiano segnali di frequenza compresa tra 30 MHz e 3 GHz. Rientrano quindi in queste frequenze tutti i siti trasmittenti nelle bande per la radiocomunicazione, per il broadcasting radiofonico e televisivo e per la telefonia mobile.

I segnali di frequenze inferiori o superiori vengono comunque anch'essi calcolati con un buon grado di approssimazione.

In base ad alcune verifiche effettuate confrontando simulazioni con *NFA3D* a misure di campo, la gamma di frequenze di lavoro del programma può essere estesa da 1 MHz a 40 GHz con un grado di affidabilità più che accettabile.

***NFA3D* è conforme alle normative vigenti in Italia (vedi dichiarazione di conformità allegata al software) ed è installabile su Personal computer con sistemi operativi Microsoft Windows; sul PC deve essere garantito il supporto alla grafica tridimensionale OpenGL.**

E' un prodotto destinato a: Emittenti Radiotelevisive Pubbliche o Private, Enti Pubblici o Privati con reti di Telecomunicazioni, Enti di Stato in relazione con l'Ambiente, Organi di Controllo, Gestori di postazioni trasmittenti, Gestori di Reti di Telecomunicazioni o di Telefonia mobile.

***Near Field Analyzer 3D* ha lo scopo di permettere a tutti coloro che si occupano di campi elettromagnetici irradiati dalle antenne trasmittenti (siano essi tecnici esperti in progettazione di sistemi di antenne, oppure solo con poche cognizioni di base) di prevederne i livelli irradiati, evitando eventuali situazioni a "rischio sanitario", oppure di simulare il funzionamento delle postazioni esistenti individuando le situazioni critiche e procedendo con operazioni di bonifica.**

**Le opzioni principali della versione *NFA3D* danno la possibilità di visualizzare il solido d'irradiazione complessivo e la sezione verticale di una postazione trasmittente in formato tridimensionale, nonché la possibilità di ricostruire l'ambiente urbano circostante, calcolando sommariamente l'ostruzione da esso causata.**

L'operatore ha a disposizione una vasta libreria di antenne elementari con cui potrà "ricostruire", in maniera semplice ed automatizzata, i sistemi d'antenna più comunemente impiegati. In caso di antenne elementari non comprese nella libreria, è possibile importare dati da database esterni; è inoltre possibile utilizzare i file di progetto .PRJ generati con i programmi *Aldena SR4* ed *EMLAB*.

## La teoria di calcolo

*NFA3D* (come ogni altro prodotto Aldena) segue le indicazioni prescritte nella guida CEI per i calcoli di valutazione del campo elettromagnetico irradiato.

Le sezioni orizzontali, la previsione puntuale, il volume di rispetto, sono sempre valutati in condizioni di campo lontano e in una situazione di spazio libero, trascurando così le riflessioni causate dal terreno, da infrastrutture, vegetazione e strutture orografiche eventualmente presenti. Tale procedura di calcolo porta, nella quasi totalità dei casi, a sovrastimare i valori di campo ed è pertanto da intendersi di tipo cautelativo.

## Gli algoritmi

### Zone di campo

Nella tabella qui sotto riportata, si riassumono le regioni di campo elettromagnetico prodotto, dove  $\lambda$  è la lunghezza d'onda e D è la massima distanza misurabile tra due punti appartenenti alla sorgente

	Zona di campo reattivo	Zona di campo reattivo/radiativo	Zona di campo radiativo	Zona di campo lontano
Limite Inferiore	0	$\lambda$	$3\lambda$	Max ( $3\lambda, 2D^2/\lambda$ )
Limite superiore	$\lambda$	$3\lambda$	Max ( $3\lambda, 2D^2/\lambda$ )	$\infty$

La zona di campo lontano è detta anche *zona di Fraunhofer*, quella di campo radiativo *zona di Fresnel*.

Le grandezze fisiche che occorre valutare per la determinazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici irradiati da un'antenna sono:

- densità di potenza (S): watt su metro quadrato (W/m<sup>2</sup>)
- intensità del campo elettrico (E): volt su metro (V/m)
- intensità del campo magnetico (H): ampere su metro (A/m)

A partire dal limite inferiore della zona di campo radiativo, è sempre applicabile con buona approssimazione la relazione di impedenza che lega tali grandezze fisiche:

$$S = E^2 / Z_0 = H^2 Z_0$$

dove  $Z_0 = 377\Omega$  è l'impedenza caratteristica del vuoto.

### Calcolo del valore di campo elettrico con una sola sorgente

In condizioni di campo lontano il legame tra campo elettrico e potenza di alimentazione d'antenna è espresso da:

$$E(r, \theta, \varphi) = \sqrt{\frac{377 P_{\text{alimentazione}} G(\theta, \varphi)}{4 \pi r^2}}$$

la funzione guadagno è data dalla seguente relazione :

$$G(\theta, \varphi) = G_{\text{MAX}} DV(\theta) DH(\varphi)$$

dove DV e DH sono il diagramma di radiazione dell'antenna, normalizzato a 1, rispettivamente nel piano verticale e orizzontale e GMAX è il valore di guadagno nella direzione di massima irradiazione (solitamente questi valori sono espressi in dBiso).

### Calcolo del valore di campo elettrico con una o più schiere di antenne

Nel caso in cui una singola sorgente sia costituita da una o più schiere di antenne correlate tra di loro, la formula di calcolo del campo elettrico è:

$$E(r, \theta, \varphi) = \sum_{i=1}^N p(\theta_i, \varphi_i) \sqrt{30 P_i G_{MAXi} D_{Hi}(\varphi_i) D_{Vi}(\theta_i) / N^2} \frac{e^{-jK_0 R_i}}{R_i}$$

dove:

- $N$  = numero di elementi della schiera
- $\theta_i$  = angolo di elevazione di un sistema di riferimento rispetto al centro elettrico dell' $i$ -esimo elemento
- $R_i$  = la distanza del punto di osservazione P dal centro elettrico dell' $i$ -esimo elemento
- $p(\theta_i, \varphi)$  = il vettore co-polarizzato all' $i$ -esimo elemento che tiene conto della polarizzazione e della fase
- $D_{Hi}(\varphi_i)$  = il diagramma di irradiazione orizzontale dell' $i$ -esimo elemento
- $D_{Vi}(\theta_i)$  = il diagramma di irradiazione verticale dell' $i$ -esimo elemento
- $P_i$  = la potenza ai morsetti del singolo elemento  $i$ -esimo
- $G_{MAXi}$  = il guadagno dell'elemento  $i$ -esimo nella direzione di massima irradiazione

Per semplicità la formula non considera gli accoppiamenti mutui tra gli elementi delle schiere teorizzando che ogni elemento della schiera irradi poco nella direzione degli altri elementi: è pressoché impossibile tenere conto di tutti i fenomeni d'accoppiamento, se non con altri tipi di algoritmi di calcolo.

### Calcolo del valore di campo elettrico con più sorgenti

La valutazione complessiva di campo elettromagnetico emesso da più sorgenti non correlate si ottiene sommando quadraticamente i contributi:

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^M E_i^2}$$

dove  $E_i$  è il valore di campo elettrico valutato per ogni singola sorgente.

### **Calcolo del volume di rispetto**

Il calcolo del volume per una singola sorgente di emissione è eseguito ad ogni grado dello spazio ( $\theta, \varphi$ ) valutando il campo elettrico in un opportuno insieme di punti e collegandoli tra di loro per costruire un'ISO-superficie a campo costante.

In caso di più sorgenti emittenti non correlate tra di loro viene implementata una logica ricorrente:

- calcolo del volume di rispetto per ogni singola sorgente a livello di campo costante richiesto considerando il contributo di tutte le sorgenti emittenti, per un opportuno insieme di punti esterni, ovvero in tutti gli angoli fino a quando il contributo della singola sorgente prevale rispetto alle altre
- estensione, ad ogni grado, della distanza di calcolo fino a raggiungere il livello richiesto
- costruzione dell'iso-superficie.

#### *Riferimenti bibliografici:*

- *Antenna Theory – Analysis and Design – Second Edition – Constantine A. Balanis*
- *Fields and waves in communication electronics – Simon Ramo – John R. Whinnery*
- *Antennas – John D. Kraus*

### **I limiti di validità**

Nei calcoli sopra descritti non vengono considerati :

- gli effetti causati dalle riflessioni prodotte dal terreno, da edifici o ostacoli naturali in genere
- gli effetti schermanti causati dagli stessi
- le componenti del campo relative alla induzione magnetica ed elettrica

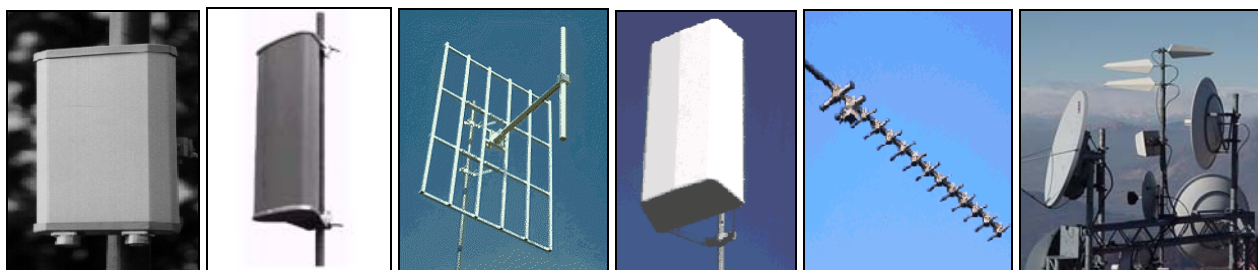
Nella visualizzazione tridimensionale è possibile anche tenere conto degli effetti schermanti delle ostruzioni causate dagli ostacoli interposti tra antenna e zone circostanti, ma in tale calcolo l'ostruzione viene considerata come schermatura totale alla radiofrequenza, senza tenere conto di eventuali attenuazioni derivate dalla permeabilità dei materiali né le loro rifrazioni/riflessioni :

**in tal senso il risultato visivo ottenuto evidenzia solo il limite di applicabilità del calcolo nello spazio libero.**

## Antenne elementari, sistemi di antenne e postazioni

*NFA3D* permette di lavorare sulle postazioni trasmettenti con tre livelli di informazioni: le antenne elementari che comporranno i sistemi di antenne, i sistemi di antenne stessi, composti da una o più antenne elementari e le postazioni, composte da uno o più sistemi di antenne (max 50). Per maggiore chiarezza vogliamo qui dare delle definizioni che aiutino la comprensione di questi argomenti.

**Antenne elementari (o Antenne base):** per antenne elementari si intendono i singoli elementi radianti, caratterizzati da precisi diagrammi di ampiezza e di fase e da specifici valori di guadagno, che, opportunamente posizionati su un'unica struttura di sostegno, permettono la composizione di sistemi radianti con differenti caratteristiche di irradiazione.



*Antenne per telefonia cellulare*

*Antenne per broadcasting radiotelevisivo*

*Antenne per collegamenti punto-punto*

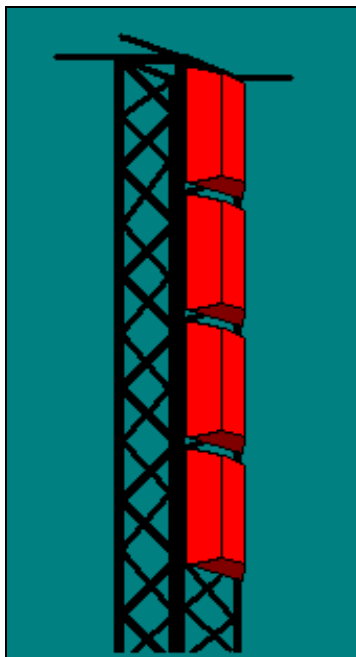
**Cortine di antenne elementari:** le cortine di antenne sono un insieme di antenne elementari disposte una sopra l'altra sulla struttura di sostegno ad opportuna distanza ed orientate tutte nella stessa direzione. Una cortina di antenne può essere parte di un sistema composto da più cortine, oppure può costituire essa stessa un sistema radiante.

**Sistemi di antenne (o Sistemi radianti o Progetti di antenne):** vengono così definiti gli insiemi formati da una o più antenne elementari, eventualmente disposte su più piani e più cortine. Ogni antenna elementare ha una precisa posizione geometrica, è alimentata da una percentuale della potenza emessa dall'unico apparato trasmettente, e contribuisce, insieme a tutte le altre antenne del sistema, alla generazione del solido d'irradiazione. Esso caratterizza il sistema radiante ed avrà la forma voluta dal progettista in base alle esigenze di copertura radioelettrica sul territorio.

Un sistema radiante può essere composto anche da una sola antenna elementare. E' questo il caso della *Stazione Radio Base per Telefonia mobile*: ogni cella è un sistema radiante composto da una singola antenna elementare che irradia la propria frequenza in una determinata direzione con una potenza pari alla somma delle potenze ad essa applicate, incrementate di un fattore equivalente al proprio guadagno.



Cortina di pannelli / Sistema radiante per radiofonia

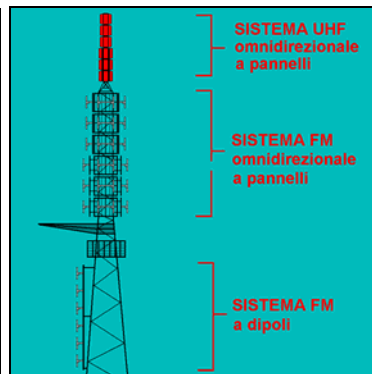


Cortina di pannelli / Sistema radiante per televisione



Pannello / Sistema radiante di una Stazione Radio Base per telefonia cellulare

**Postazioni (o Siti trasmettenti):** viene così definita una località geografica di dimensioni limitate (non più di 25 Km<sup>2</sup>) in cui si trovano più sistemi di antenne, composti ciascuno da una o più antenne elementari, installati su una o più strutture di sostegno (pali o tralicci); ogni sistema di antenne è caratterizzato da differenti caratteristiche di funzionamento e lo studio di una sezione del campo elettromagnetico presente nella postazione è formato dalla somma in quadratura dei contributi dei singoli sistemi di antenne. Nel caso delle Stazioni Radio Base per telefonia mobile, la postazione è normalmente composta da 3 sistemi radianti (composti ciascuno da una singola antenna elementare) orientati in direzioni a 120° tra loro, ripetuti per il numero di bande di frequenze di funzionamento (GSM, ETACS, DECT, UMTS, ecc.).



## I punti di controllo

Il programma *NFA3D*, oltre alla visualizzazione grafica di sezioni del campo elettromagnetico irradiato da antenne trasmettenti, permette anche di effettuare il calcolo del campo previsto ricevibile o misurabile in determinati punti dislocati nell'intorno del sistema di antenne o dei sistemi di antenne che compongono la postazione.

Lo scopo di questo calcolo puntuale è di permettere la verifica dell'intensità teorica del campo elettromagnetico presente nei punti in cui vi è permanenza di esseri umani o comunque nei punti a possibile rischio sanitario.

Il campo nei punti di controllo è calcolato come valor medio dei valori lungo una superficie equivalente a quella del corpo umano, come richiesto dal DM 381/98.

Il corpo umano viene schematizzato come un cilindro verticale di 2 metri di altezza e 1 metro di diametro. Tale cilindro, proiettato su un piano verticale normale alla direzione di provenienza della radiazione elettromagnetica, diventa un rettangolo verticale di 2m x 1m. Pertanto il campo nel punto di verifica, che risulta posizionato al centro del rettangolo, è calcolato come **media di sei valori** corrispondenti ai valori che il campo assume nei quattro vertici del rettangolo e nei due punti medi dei lati verticali (come se il rettangolo di 2m x 1m fosse stato a sua volta suddiviso in due quadrati sovrapposti di lato 1m).



## Riduzione a conformità

Il Decreto Ministeriale n° 381/98 stabilisce i limiti massimi di esposizione ai campi elettrici, magnetici e alla densità di potenza emessi da una postazione di antenne trasmettenti.

Secondo il decreto, la procedura da seguire per la valutazione e per la riduzione a conformità dei campi è spiegata di seguito.

- Innanzi tutto è necessario fare una valutazione del campo che, secondo la normativa, può essere fatta con una simulazione software della postazione usando appositi programmi di calcolo. Nel caso in cui la previsione di campo sia superiore alla metà del valore del limite consentito, occorre procedere ad una misura.
- La misura deve essere effettuata con un analizzatore di spettro per poter calcolare il contributo di ogni singola sorgente. Indicando con  $E_i$  il campo elettrico della sorgente *i-esima* (cioè dell'*i-esima* frequenza irradiata dalla postazione) e con  $L_i$  il corrispondente limite desunto dalla tabella 1, si calcolano i contributi normalizzati che le varie sorgenti producono nel punto in considerazione nel modo seguente:

$$R_i = E_i^2 / L_i^2 \quad (1)$$

Se la somma di tutti i contributi

$$R = \sum R_i \quad (2)$$

supera il valore di 1, i limiti di esposizione non sono soddisfatti e si devono ridurre i contributi  $E_i$  in modo che risulti  $R \leq 0.8$ . Il fatto che  $R$  debba essere ridotto ad un valore inferiore a 0.8 anziché a 1 è un'ulteriore misura cautelativa prevista dalla normativa, che tiene in considerazione un possibile errore di misura del 10%. Infatti, poiché  $R$  è una somma di quadrati,  $\sqrt{R} = \sqrt{0.8} = 0.89$ , che è circa il 10% in meno rispetto al valore limite.

TABELLA 1

Frequenza (MHz)	Valore efficace di intensità di campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0,1 – 3	60	0,2	-
>3 – 3000	20	0,05	1
>3000 – 300000	40	0,1	4

- La riduzione dei contributi  $E_i$  non è necessariamente uguale per tutti gli impianti, ma è commisurata al contributo che il singolo impianto dà al superamento del limite. Infatti gli impianti vengono suddivisi in tre categorie, in base al loro contributo, secondo la seguente classificazione:

se  $R_i \leq 1/100$  chiamiamo  $R_i = A_i$

se  $1/100 < R_i \leq 0.8$  chiamiamo  $R_i = B_i$

se  $R_i > 0.8$  chiamiamo  $R_i = C_i$

con questa convenzione si può riscrivere la (1) come:

$$R = \sum_j A_j + \sum_k B_k + \sum_l C_l \quad (3)$$

La normativa prevede che gli impianti di tipo A non siano soggetti ad alcuna riduzione, gli impianti di tipo B siano soggetti ad una riduzione e gli impianti di tipo C a due riduzioni progressive. I coefficienti di riduzione si calcolano come segue:

- a tutti i contributi di tipo C è innanzitutto applicata una riduzione  $\gamma_i$  tale che sia  $\gamma_i C_i = 0.8$ ;
- quindi si applica un'ulteriore riduzione  $\beta$  a tutti i contributi di tipo B e C tale da ridurre a conformità la (3). Questo significa che il coefficiente  $\beta$  deve essere calcolato in modo da soddisfare la seguente relazione:

$$\sum_j A_j + \sum_k \beta B_k + \sum_l \beta \gamma_l C_l = 0.8 \quad (4)$$

### ESEMPIO

Consideriamo una postazione in cui siano presenti 3 impianti FM:

Impianto	Frequenza (MHz)	Campo elettrico (V/m)
A	89	1.8
B	95	13
C	102	25

Poiché il limite di campo elettrico previsto dalla normativa è di 20 V/m per tutti e tre gli impianti, ne consegue che i contributi normalizzati sono:

Impianto	Contributo normalizzato $R_i$
A	$1.8^2/20^2 = 0.008$
B	$13^2/20^2 = 0.423$
C	$25^2/20^2 = 1.563$

da cui si calcola il contributo totale  $R = 0.008 + 0.423 + 1.563 = 1.994$ , che essendo superiore ad 1 deve essere ridotto a conformità. L'impianto A non subirà riduzioni, l'impianto B una riduzione e l'impianto C due riduzioni.

Il coefficiente  $\gamma$  deve essere tale che  $1.563 \gamma = 0.8$ , quindi  $\gamma = 0.512$ .

Dalla (4) si può ora calcolare il coefficiente  $\beta$ :

$$0.008 + \beta \cdot 0.423 + \beta \cdot 0.512 \cdot 1.563 = 0.8$$

da cui si ricava che  $\beta = 0.648$ .

Se la riduzione del campo viene effettuata per mezzo di un abbassamento della potenza di trasmissione senza ricorrere ad altri metodi (sfasamento delle antenne, rotazione del sistema, ecc.), questo significa che l'impianto B deve ridurre la potenza al 64.8% della potenza iniziale, mentre la potenza dell'impianto C deve essere ridotta al  $0.648 \times 0.512 = 33.2\%$ .

## Limitazioni

*NFA3D* è un programma pensato per rendere semplice e immediata la verifica dell'intensità dei campi elettromagnetici "forti" in prossimità dell'impianto emittente. L'interfaccia di facile utilizzo ed una forte semplificazione dei dati da inserire per caratterizzare il sistema di antenne, rendono chiunque in grado di utilizzare *NFA3D* per analizzare i campi secondo le normative sanitarie, eventualmente creando semplici sistemi d'antenna, o modificandoli per verificarne il comportamento.

A differenza dai più sofisticati programmi Aldena *EMLAB e SR4*, destinati alla progettazione professionale dei sistemi di antenne, *NFA3D* consente una progettazione più semplificata, con alcune limitazioni che vengono elencate di seguito.

### I progetti dei sistemi di antenne

Il programma *NFA3D* consente di verificare sistemi radianti VHF e UHF in uno spettro di frequenze compreso fra i 30 e i 3000 MHz. Tale procedura avviene assemblando le caratteristiche d'irradiazione delle singole antenne elementari (dipoli, pannelli, antenne yagi, ecc.) che costituiscono i sistemi di antenne.

*NFA3D* permette di importare ed aprire tutti i sistemi creati con i programmi Aldena *EMLAB e SR4*, appositamente ideati per la progettazione dei più complessi sistemi di antenne.

I sistemi generati con *NFA3D* sono a loro volta compatibili con quelli generati dalle versioni di *EMLAB e SR4*, ma sono caratterizzati dalle seguenti limitazioni (casi validi per sistemi radianti composti da più antenne elementari, come i sistemi per il broadcasting radiotelevisivo):

- il sistema di antenne può essere composto da più cortine di antenne, purché l'angolo tra due cortine contigue, in un sistema composto da più di 2 cortine, sia sempre il medesimo;
- il numero di piani di antenne è variabile a piacere, ma dovrà essere il medesimo per ogni cortina (ogni cortina dovrà quindi essere composta dallo stesso numero di antenne elementari).

Inoltre alcuni dei parametri relativi alle antenne elementari, saranno uguali per tutte le antenne del sistema radiante proprio perché si tratta di valori che vengono inseriti automaticamente dal programma. Questi parametri sono:

- la potenza di alimentazione, cioè la percentuale di potenza del trasmettitore che fluisce nella singola antenna. Ogni antenna sarà quindi alimentata da una percentuale di potenza uguale a quella delle altre e la somma di questi valori sarà pari al 100%;
- la fase elettrica di alimentazione di ciascuna antenna, riferita alla frequenza di lavoro del sistema di antenne, sarà originariamente uguale a 0° (zero gradi) per tutte le antenne del sistema. Per modificare questi valori è sufficiente impostare un abbassamento elettrico del sistema: in questo caso gli sfasamenti elettrici relativi alle antenne di una cortina saranno calcolati automaticamente dal programma.
- l'abbassamento elettrico o meccanico delle antenne del sistema. L'applicazione di questo algoritmo di ottimizzazione comporta un'inclinazione meccanica delle antenne, pari all'angolo desiderato, se tutte le cortine del sistema sono composte da una singola antenna elementare (ad esempio: 4 pannelli per broadcasting televisivo montati su uno stesso piano orizzontale ed orientati in 4 direzioni a 90° tra loro, oppure il singolo pannello di una cella di una Stazione Radio Base); nel caso in cui il numero di piani di antenne sia superiore a uno, l'algoritmo calcola automaticamente un'inclinazione elettrica, applicando gli opportuni sfasamenti elettrici ad ogni singola antenna della cortina, e replicando poi le stesse impostazioni per tutte le eventuali altre cortine, in modo da ottenere un abbassamento generale del solido di irradiazione pari all'inclinazione desiderata;
- la distanza di ciascuna antenna elementare dall'asse del traliccio: essa viene determinata automaticamente per tutte le antenne in funzione dalla dimensione della struttura di sostegno; il programma posizionerà automaticamente le antenne sui lati (traliccio a sezione quadrata), sugli spigoli (traliccio a sezione triangolare) o tangenti (traliccio a sezione tonda) al sostegno. **E' importante ricordare che la struttura di sostegno, sia essa metallica o di altra natura, non verrà comunque in alcun modo considerata nei calcoli.**

## I modelli di antenna elementare

*NFA3D* permette di lavorare con tutti i modelli di antenna disponibili nella libreria di antenne fornita insieme al programma e mantenuta costantemente aggiornata attraverso il sito Aldena [www.aldenasoft.it](http://www.aldenasoft.it) previa registrazione.

Nuove antenne possono comunque essere create velocemente anche importando dati da tabelle esterne.

Ogni file di antenna può contenere uno o più dati relativi al modello di antenna, come i diagrammi di ampiezza e fase orizzontale e verticale a tutte le frequenze nella banda utile di funzionamento dell'antenna stessa e le curve di guadagno e di Return Loss.

Le informazioni minimali necessarie affinché un'antenna possa venire considerata nei calcoli sono: i **diagrammi di ampiezza orizzontale e verticale** alla frequenza di funzionamento e il valore di **guadagno in dBd** (guadagno rispetto al dipolo in mezz'onda, equivalente al valore di guadagno in dBi – 2.15).

## Il modello di territorio

*NFA3D* contiene i dati relativi alla conformazione orografica del territorio italiano su cui è posizionata la postazione, ma essi vengono utilizzati solo per una rappresentazione grafica e non per il calcolo dell'influenza dell'orografia (riflessioni, diffrazioni, ecc.) sulla distribuzione del segnale.

E' peraltro possibile, nelle rappresentazioni grafiche tridimensionali, tenere conto dell'ostruzione (considerata solo come ostruzione totale) causata dalle strutture simulate nelle vicinanze delle antenne trasmettenti (edifici).

**In seguito a verifiche sperimentali effettuate “sul campo”, i valori calcolati con *NFA3D* hanno dimostrato un ottimo grado di approssimazione ed affidabilità.**

L'istogramma qui sotto riportato, mette in evidenza la praticità di un programma di calcolo con un buon grado di affidabilità come *NFA3D*, contro gli svantaggi che si hanno con l'utilizzo di programmi molto più sofisticati e costosi, basati su algoritmi di calcolo differenti (Metodo dei Momenti o Ray-Tracing).

