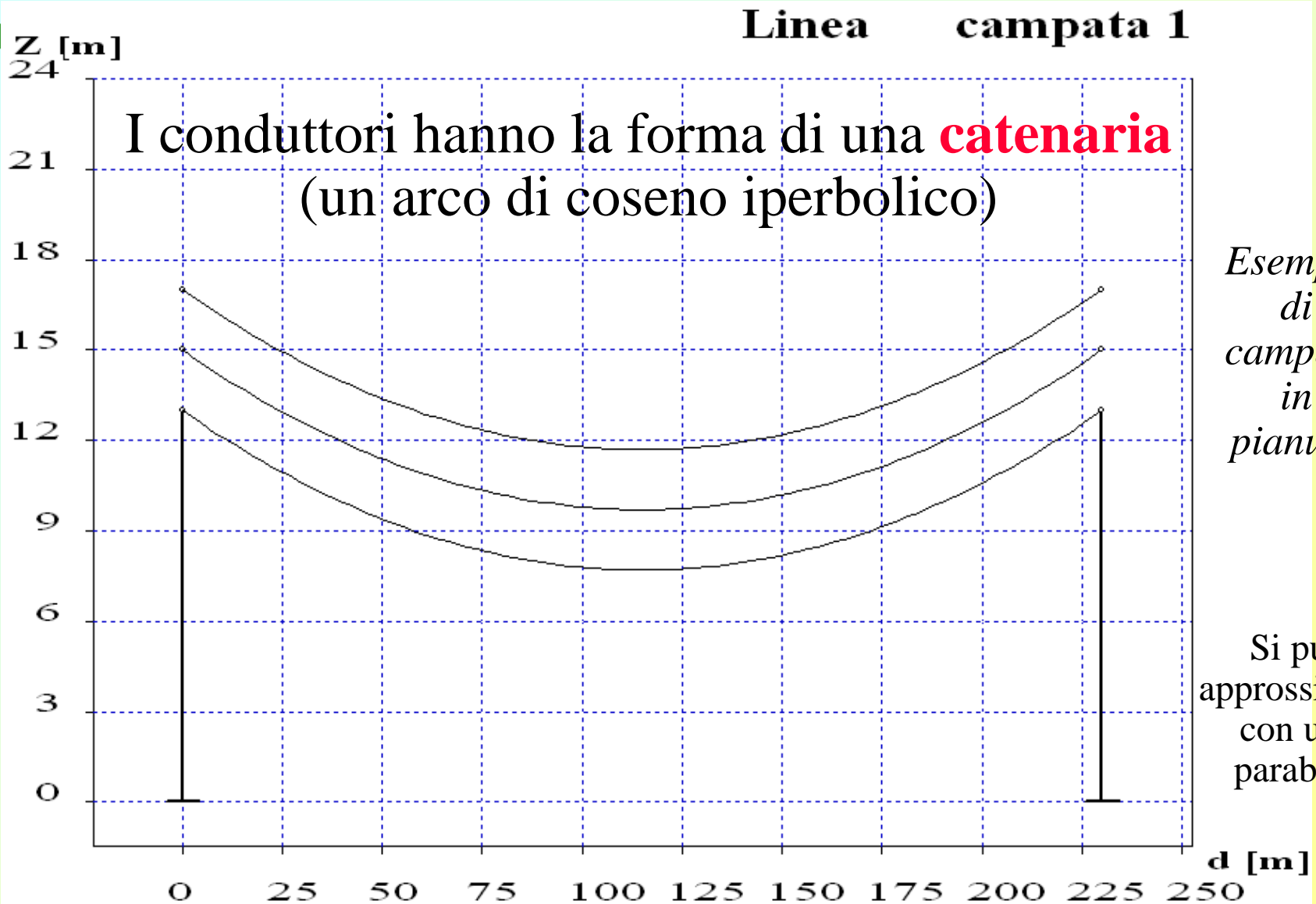
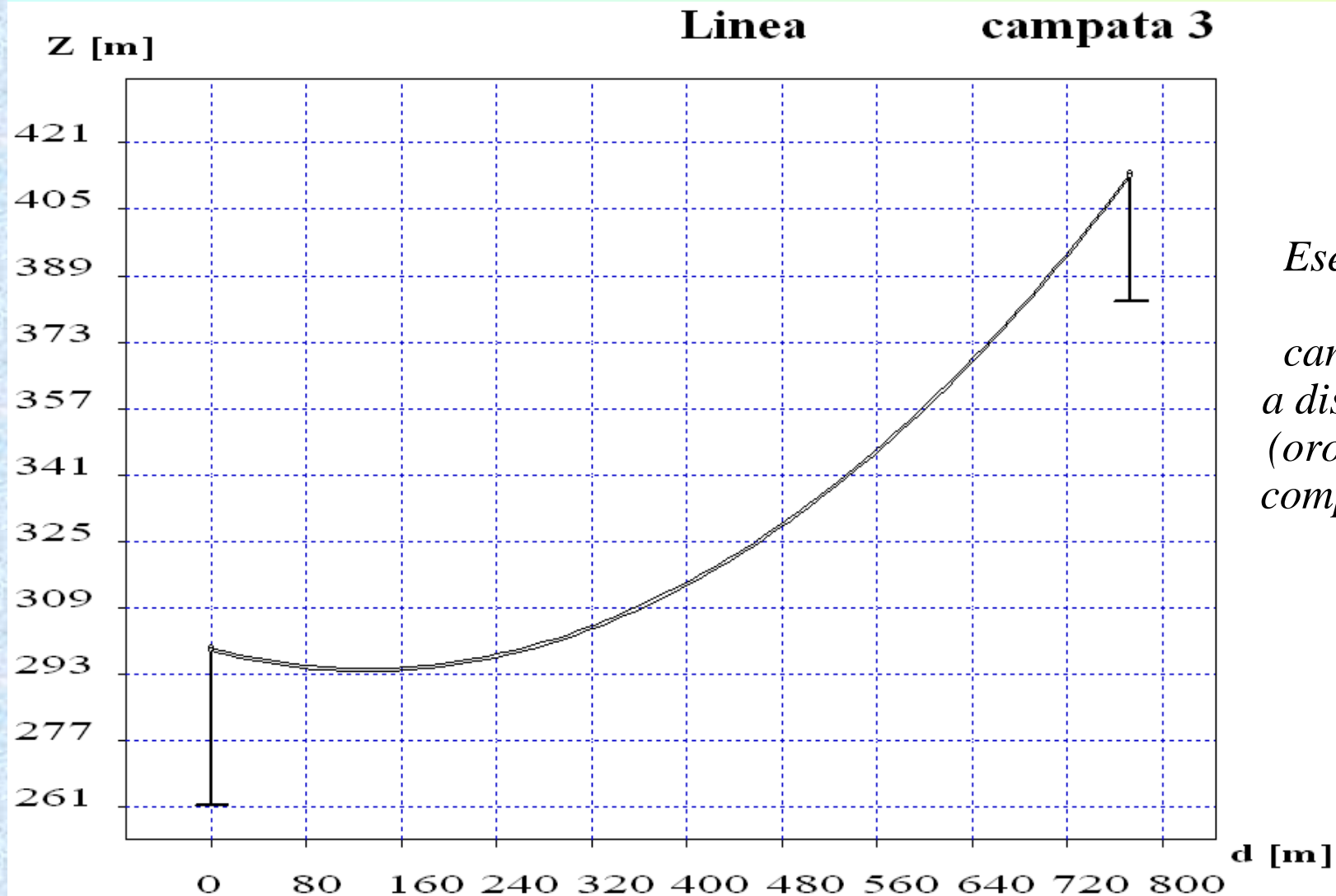


I modelli di calcolo previsionale in 3D

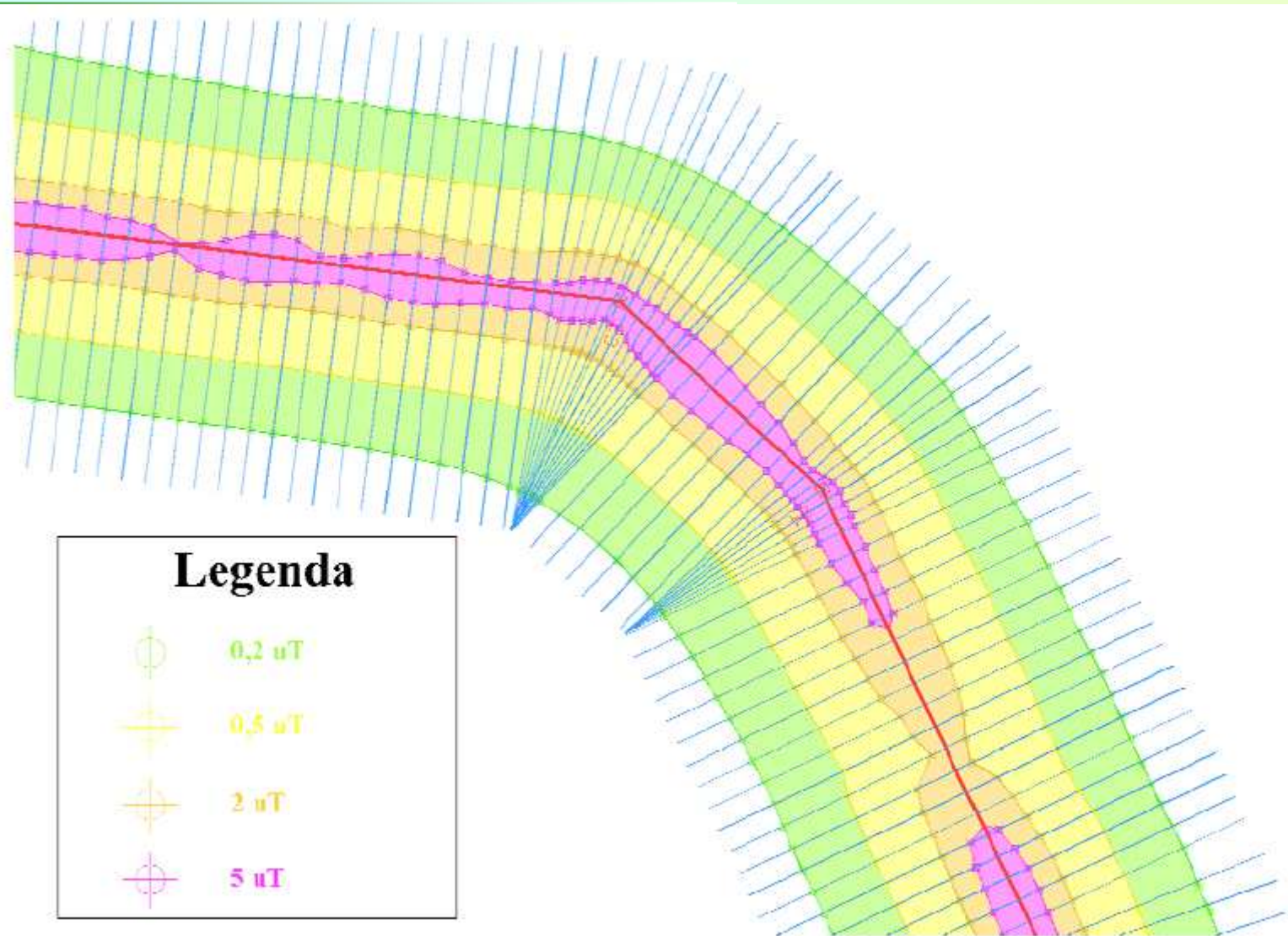


I modelli di calcolo previsionale in 3D

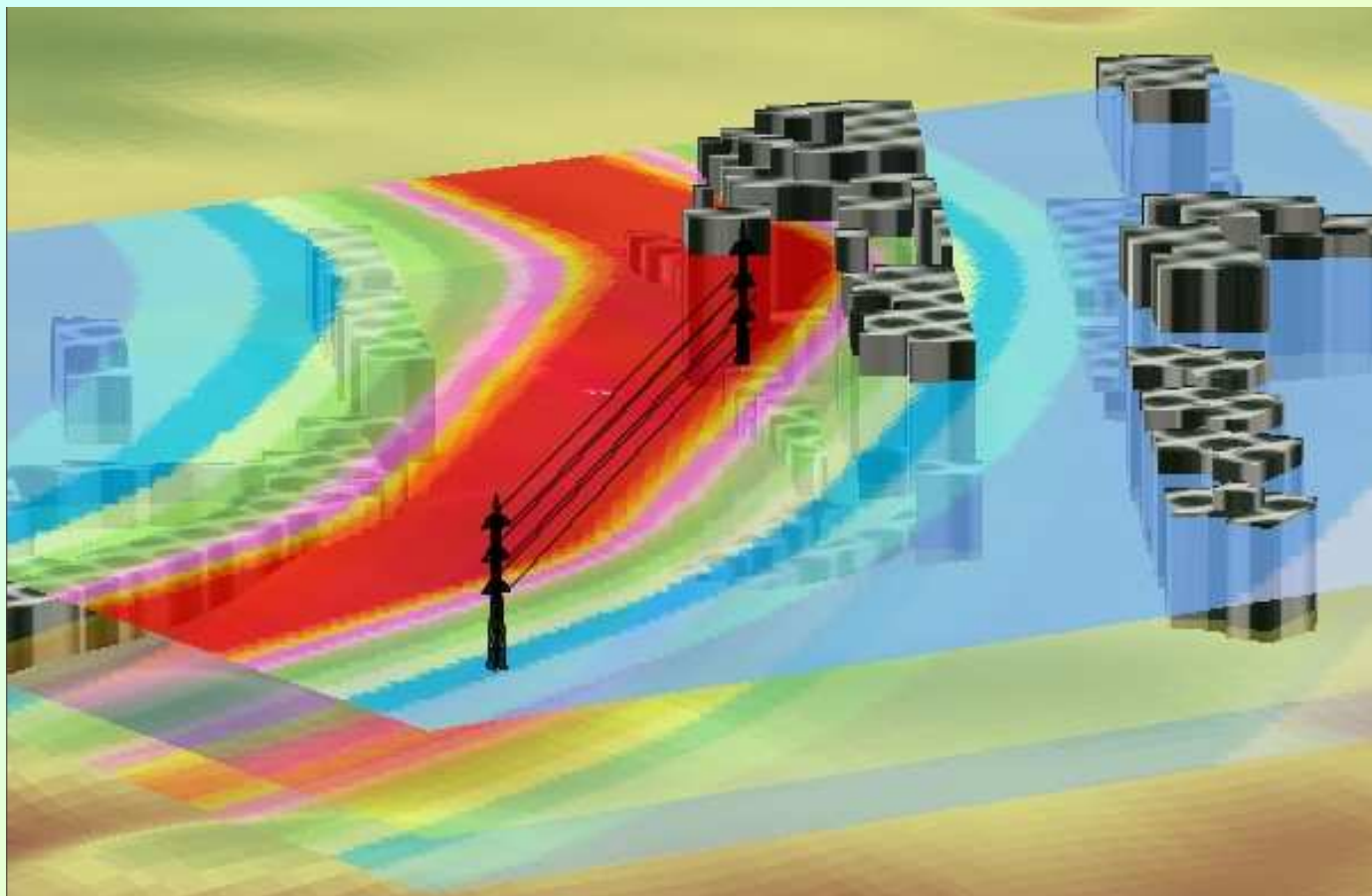


Esempio di campata a dislivello (orografia complessa)

I modelli di calcolo previsionale in 3D



I modelli di calcolo previsionale in 3D



PLEIA EMF realizzato da N.Zoppetti e D.Andreuccetti
dell'IFAC-CNR di Firenze

Le abitazioni vicine alle linee elettriche



Le abitazioni vicine alle linee elettriche



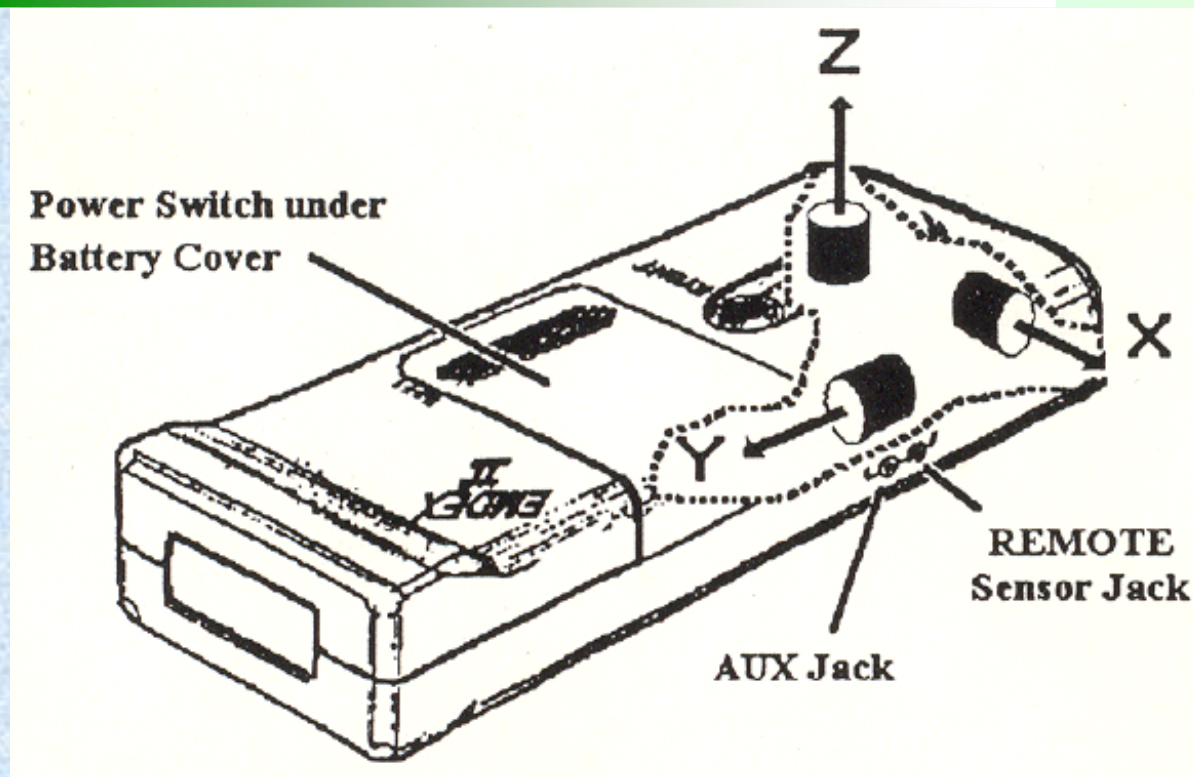
Le abitazioni vicine alle linee elettriche



Stima dei livelli di esposizione nelle abitazioni

- ◆ Mediante **monitoraggio** in continua in un punto e successiva correlazione tra corrente circolante ed induzione magnetica misurata.
- ◆ Con **modellizzazione** della linea e del terreno e calcolo previsionale.
- ◆ Mediante tecnica mista che integra i due metodi precedenti.

Strumentazione di misura

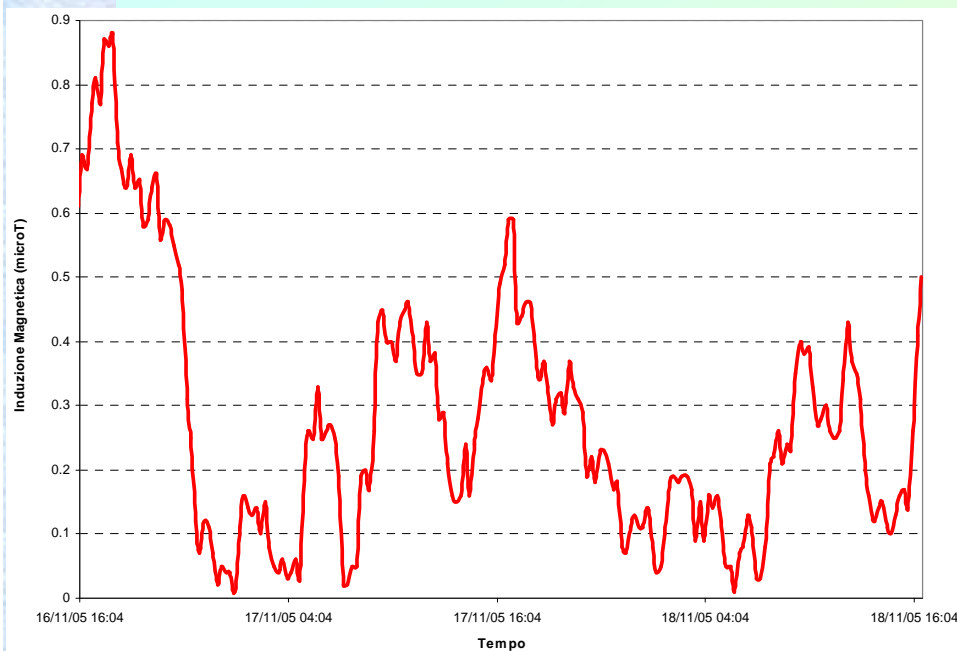


*Compattezza:
3 piccole bobine molto vicine tra loro*

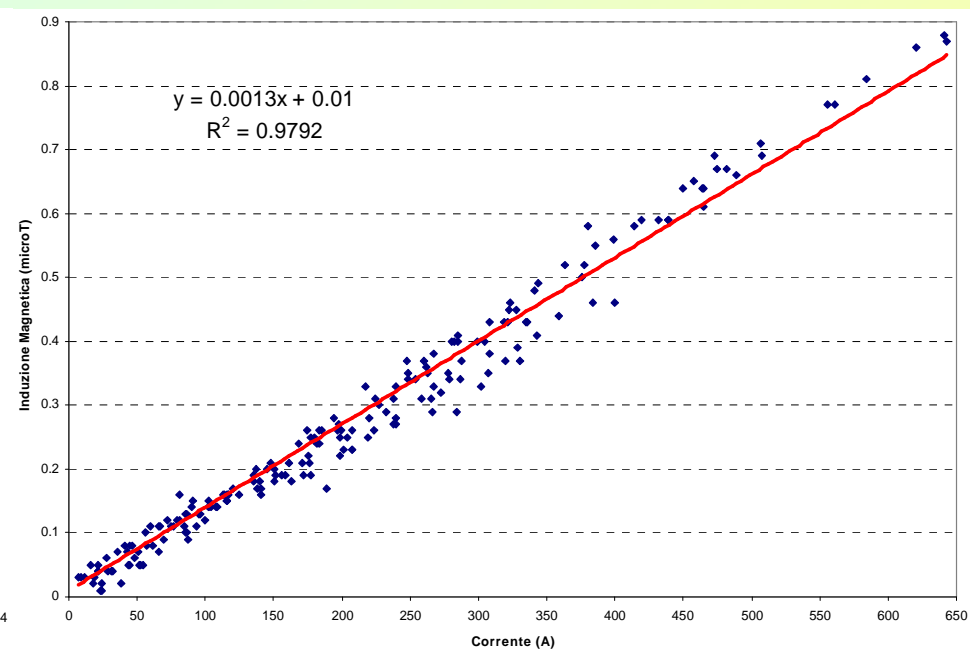
Sensore triassiale isotropico con banda passante stretta ($40 \div 800$ Hz) e risposta piatta in ampiezza tra 0 e $300 \mu\text{T}$; risoluzione pari a $0.01 \mu\text{T}$.
Garantisce un'incertezza estesa con fattore di copertura = 2 inferiore al 10%, come da Norma CEI 211-6.

Monitoraggio e correlazione corrente – induzione magnetica

Mediana sulle 24 ore e confronto con i limiti



Calcolo del livello medio di esposizione su base annua



Monitoraggio in continua
della durata di 2 giorni
all'interno di una abitazione

Campi elettromagnetici a bassa frequenza: **normativa vigente**

- ◆ Legge Regionale n. 51 del 1999 (*resta in vigore solo il Titolo II*)
- ◆ Regolamento Regionale n. 9 del 20/12/2000
- ◆ **Legge Quadro n. 36 del 2001**
- ◆ D.P.C.M. 08/07/2003 (*fissa i limiti → controlli*)
- ◆ Legge Regionale n. 39 del 2005
- ◆ D.M. 29/05/2008 G.U. n. 156 del 5/07/08 (*metodologia fasce di rispetto*)
- ◆ D.M. 29/05/2008 G.U. n. 153 del 2/07/08 (*metodologia esecuzione misure*)

Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (L.36/01)

ART. 1 - La presente legge ha lo scopo di dettare i **principi fondamentali** diretti a:

- a) assicurare la **tutela della salute** dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'**esposizione** a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione;
- b) promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli **effetti a lungo termine** e attivare **misure di cautela** da adottare in applicazione del **principio di precauzione** di cui all'articolo 174, paragrafo 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
- c) assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a **minimizzare** l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

Legge quadro n. 36/2001

ART. 2 - La presente legge ha per oggetto gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori, delle lavoratrici e della **popolazione** a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra **0 Hz e 300 GHz**. In particolare, la presente legge si applica agli elettrodotti ed agli impianti radioelettrici compresi gli impianti per telefonia mobile, i radar e gli impianti per radiodiffusione.

ART. 3 - Definizioni:

limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che **non deve essere superato in alcuna condizione** di esposizione della popolazione e dei lavoratori;

valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che **non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate**. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

gli obiettivi di qualità sono:

i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali;
i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo ai fini della **progressiva minimizzazione** dell'esposizione ai campi medesimi.

(distinzione tra nuovo ed esistente)

Legge quadro n. 36/2001

ART. 4 – Funzioni dello Stato:

h) alla determinazione dei parametri per la previsione di **fasce di rispetto per gli elettrodotti**; all'interno di tali fasce di rispetto **non è consentita** alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una **permanenza non inferiore a quattro ore**.

ART. 5 – procedimento di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio degli elettrodotti

ART. 7 – Catasto nazionale (*catalogazione sistematica della localizzazione e delle caratteristiche tecniche degli impianti*)

ART. 8 – Competenze delle regioni, delle province e dei comuni (*criteri localizzativi*)

ART. 9 – Piani di risanamento (**si introduce il risanamento a carico dei gestori degli impianti nel caso di superamento del valore di attenzione.**)

Legge quadro n. 36/2001

ART. 15 – Controlli

Le amministrazioni provinciali e comunali, al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale per l'attuazione della presente legge, **utilizzano le strutture delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente (ARPA)**.

Restano ferme le competenze in materia di vigilanza nei luoghi di lavoro attribuite dalle disposizioni vigenti (**ASL**).

ART. 16 – Sanzioni

Salvo che il fatto costituisca reato, chiunque nell'esercizio o nell'impiego di una sorgente o di un impianto che genera campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici **superi i limiti di esposizione ed i valori di attenzione** è punito con la **sanzione amministrativa** del pagamento di una somma da lire 2 milioni a lire 600 milioni.

(Nei decreti applicativi non sono state definite “le autorità competenti per l’irrogazione della sanzione”)

Conflitti tra la normativa nazionale e quella regionale

Dopo la pubblicazione del D.P.C.M. 08-07-03 si è verificato un contrasto tra la normativa statale e quella regionale sulla regolamentazione della costruzione di nuove linee elettriche: **l'obiettivo di qualità**, pari a $0.20 \mu\text{T}$, fissato da molte Regioni è 15 volte inferiore rispetto a quello nazionale ($3 \mu\text{T}$).

Le sentenze della Corte Costituzionale (n. 307/2003 e n. 103/2006) hanno ribadito che i limiti sono fissati esclusivamente dallo Stato e che le Regioni devono limitarsi ai soli criteri localizzativi.

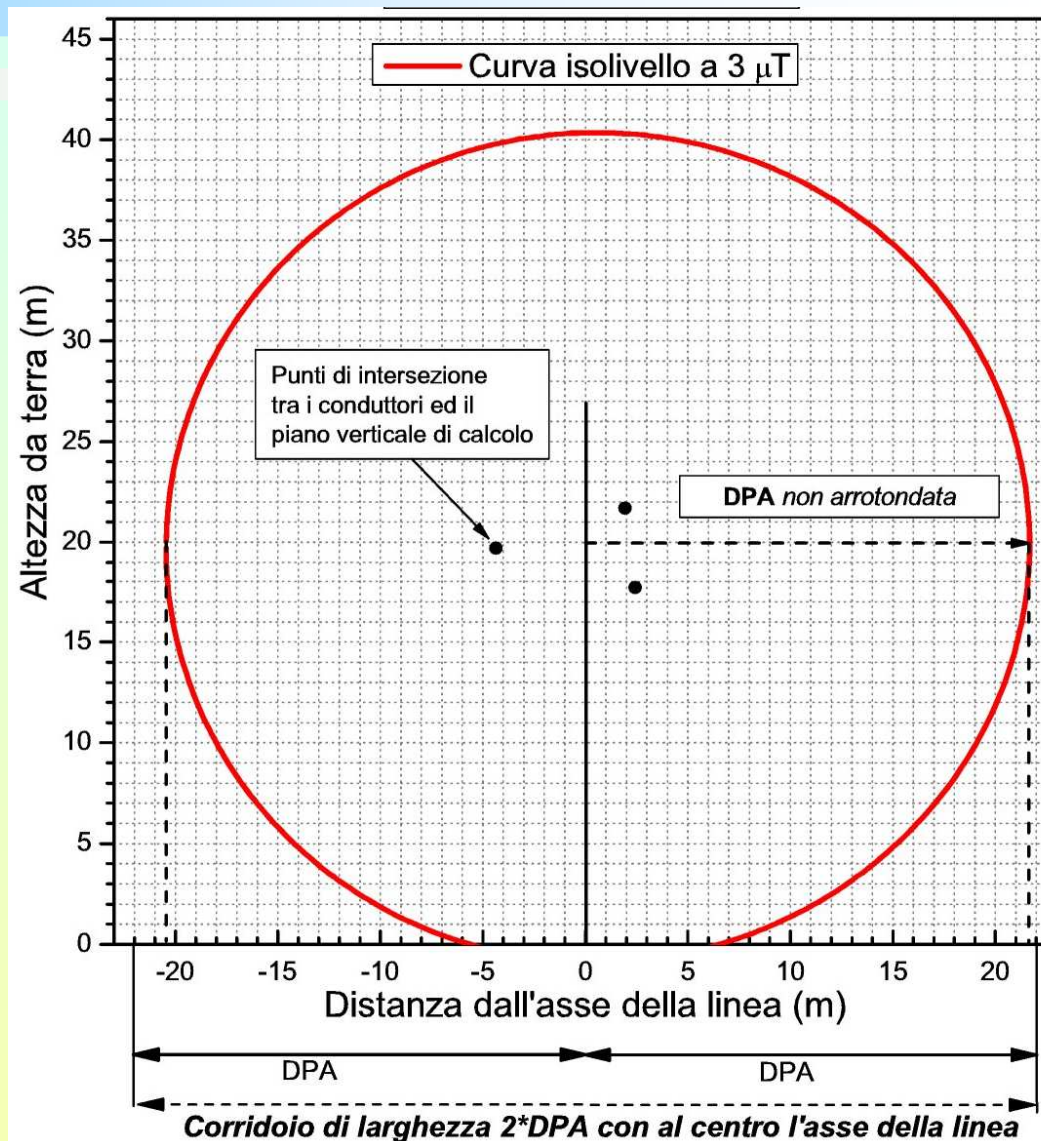
La legge regionale toscana (*L.R. 51/99 + regolamento*) è formalmente in vigore, ma rimane di fatto inapplicata.

D.P.C.M. 08-07-03: *decreto applicativo della L. 36/01*

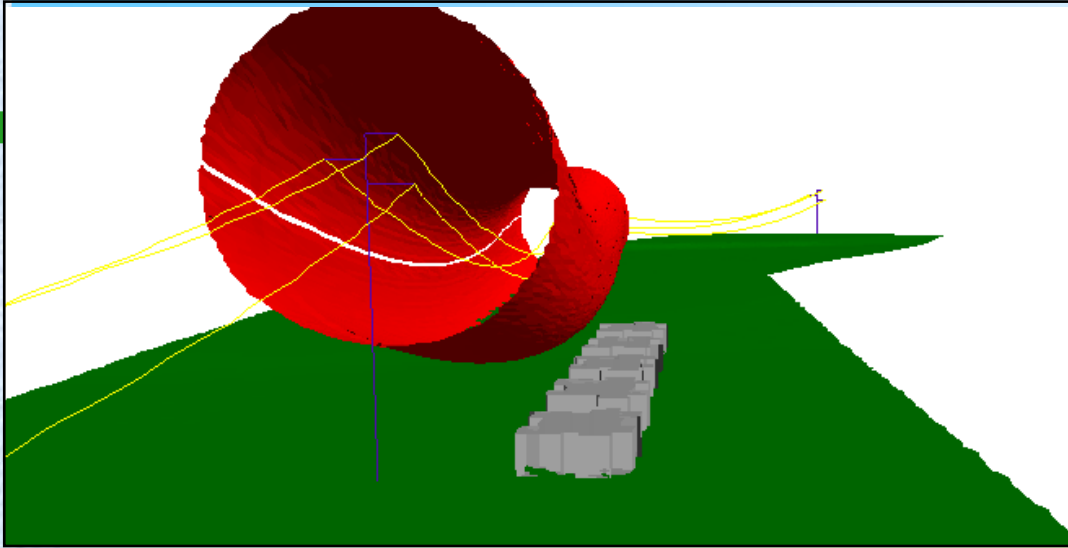
- ◆ Fissa il valore di attenzione a **10 μT** da rispettare nella situazione esistente; se superato scatta l'azione di risanamento.
- ◆ Fissa l'obiettivo di qualità a **3 μT** per regolamentare le situazioni future: nuove linee o nuovi edifici da costruire.
- ◆ Introduce come parametro di riferimento la **mediana** sulle 24 ore dell'induzione magnetica misurata.
- ◆ Indica un criterio per il calcolo delle **fasce di rispetto** in base alle caratteristiche tecniche e geometriche delle linee (portata in corrente).

**Come si regolamenta
la nuova edificazione
in prossimità degli
elettrorodotti?**

**Fasce di rispetto:
curva isolivello
intorno ai conduttori
(ottenuta mediante
calcolo previsionale)**

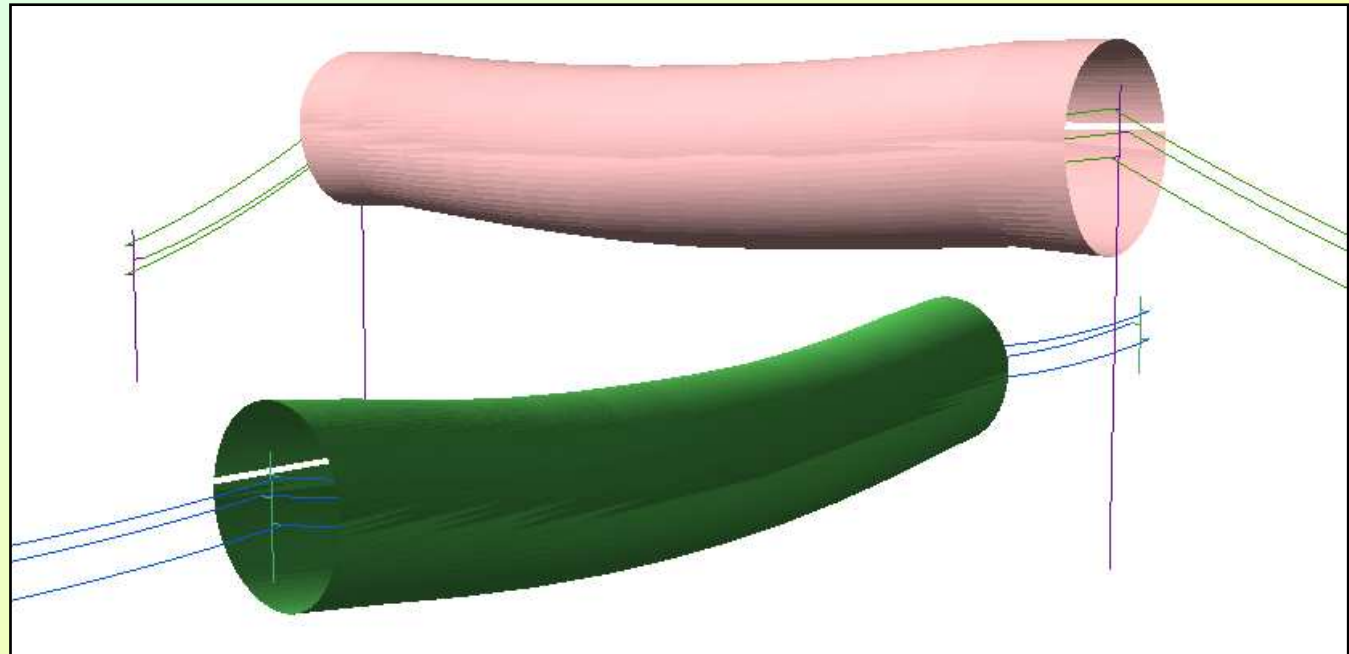


Fasce di rispetto in 3D: il “tubo” a $3 \mu T$



A sinistra la **superficie isolivello a $3 \mu T$** intorno ai conduttori di una linea a 132 kV

A destra le **superfici isolivello a $3 \mu T$** intorno ai conduttori di due linee a 132 kV che si incrociano



Fasce di rispetto: per evitare in futuro casi come questi



Esposizione all'induzione magnetica a 50 Hz

Occorre distinguere tra due condizioni di esposizione ben diverse:

- ◆ Esposizione di *breve durata a livelli molto elevati* → regolamentata con il limite di esposizione ($100 \mu\text{T}$) e dai valori segnalati dall'ICNIRP, al fine di prevenire dagli **effetti acuti**.
- ◆ Esposizione di durata molto lunga a livelli molto contenuti → a cui si fa riferimento negli studi epidemiologici; in Italia regolamentata con il valore di attenzione ($10 \mu\text{T}$), al fine di prevenire dagli **effetti a lungo termine**.

WORLD HEALTH ORGANIZATION
INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER



IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS

VOLUME 80
NON-IONIZING RADIATION, PART 1:
STATIC AND EXTREMELY LOW-FREQUENCY
(ELF) ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS

2002
IARCPress
L Y O N
F R A N C E

23

WHO:
Organizzazione
Mondiale della
Sanità (OMS)

IARC:
Agenzia
Internazionale
per la Ricerca
sul Cancro

O.M.S. - I.A.R.C. (nel 2002)

Il livello di $0.4 \mu\text{T}$ è stato individuato dallo I.A.R.C. come valore oltre il quale l'esposizione prolungata della popolazione all'induzione magnetica a basse frequenze risulta legata, con limitata evidenza, al raddoppio dell'indice di rischio relativo per le leucemie infantili.

I limiti di legge negli altri Stati

E' cautelativo regolamentare solo i livelli molto elevati per tutelarsi dagli effetti acuti (100 µT)?

E' giusto regolamentare anche i livelli più contenuti per prevenire gli eventuali effetti a lungo termine?

Quesiti tuttora aperti... ed in discussione in tutto il mondo

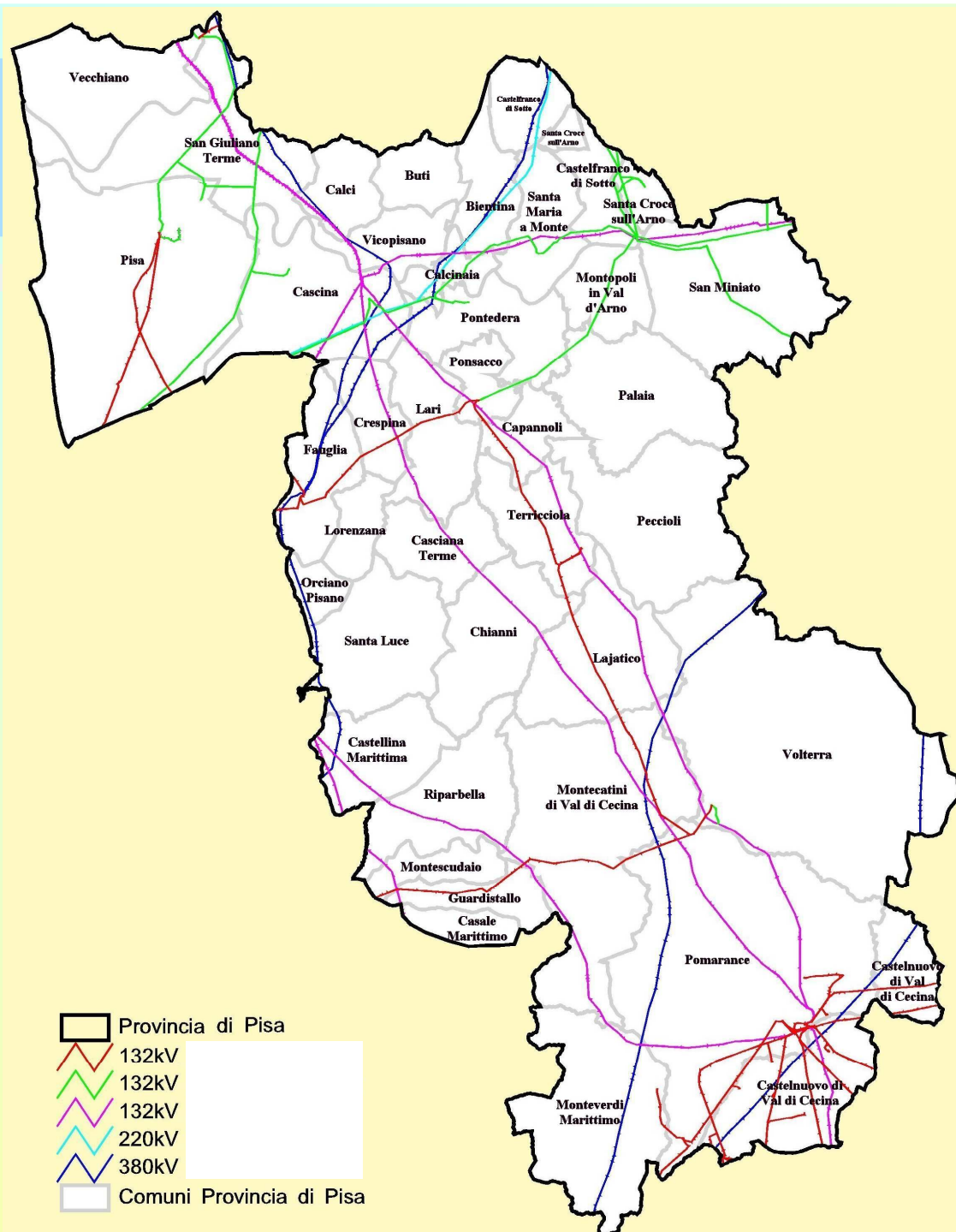
LA RÉGLEMENTATION DANS DIFFÉRENTS PAYS EUROPÉENS
(D'APRÈS OMS ET EURELECTRIC AU 31 DÉCEMBRE 2004)

Pays	Réglementation		Remarques
	Champ électrique	Champ magnétique	
Danemark, Suède, Norvège, Estonie, Royaume-Uni, Pays-Bas	Pas de réglementation, mais la recommandation est prise en référence. Dans certains États, il existe des comités nationaux ayant produit leur propres recommandations (Royaume-Uni, Pays-Bas, Suède)		
Belgique	5 kV/m (zones habitées)		Pas de réglementation sur les champs magnétiques
France, Allemagne, Croatie, Espagne, Autriche, Irlande, Lituanie, Australie	5 kV/m	100 µT	
Grèce	4 kV/m	80 µT	valeurs ICNIRP avec coefficient 0,8
Suisse	5 kV/m	100 µT → 1 µT pour les zones sensibles (écoles, hopitaux, maisons de retraite...)	Limite pour zones sensibles applicable uniquement aux nouveaux ouvrages
Slovénie	5 kV/m 500 V/m. pour les zones sensibles	100 µT 10 µT pour les zones sensibles	Limite pour zones sensibles applicable uniquement aux nouveaux ouvrages
Italie	5 kV/m	100 µT 10 µT (moyenne sur 4h/jour) 3 µT (moyenne sur 4h/jour)	« Valeur d'attention », applicable dans tous les lieux de vie et pour les ouvrages existants « Valeur qualité », applicable dans les lieux de vie et pour les nouveaux ouvrages

Il lavoro di ARPAT sul territorio

Studio e monitoraggio delle 66 linee ad alta tensione presenti in Provincia di Pisa

- ◆ **6 linee a 380 kV**
- ◆ **1 linea a 220 kV**
- ◆ **59 linee a 132 kV**



Il lavoro di ARPAT: le linee AT e il territorio

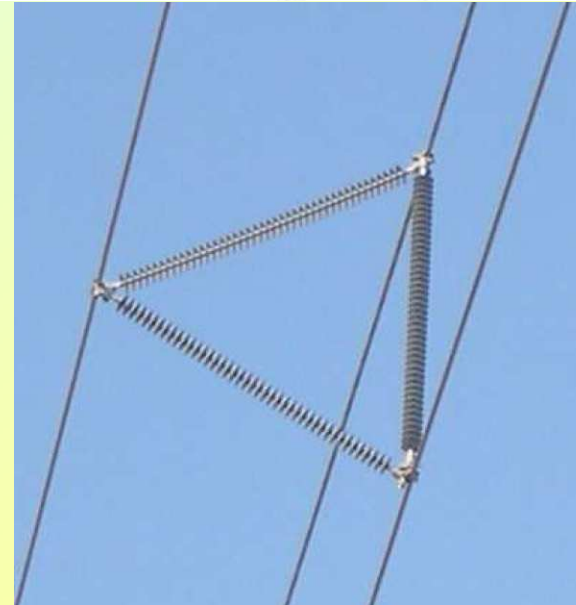
- ◆ Sono state censite e indagate tutte le abitazioni molto vicine agli elettrodotti
- ◆ Sono state monitorate le abitazioni caratterizzate dai livelli più elevati
- ◆ Sono stati proposti da ARPAT e realizzati dai Gestori alcuni interventi di mitigazione
- ◆ Per tutti gli elettrodotti ARPAT ha calcolato le fasce di rispetto e i corridoi cautelativi a $0.4 \mu\text{T}$
- ◆ Le fasce di rispetto e i corridoi sono stati inseriti nel P.T.C. della Provincia di Pisa per la pianificazione urbanistica e la regolamentazione delle nuove edificazioni

Tipologie di interventi di mitigazione

(senza modifiche sul tracciato, ovvero con costi economicamente sostenibili)

- ◆ **Compattazione dei conduttori** (diminuendo la loro distanza reciproca).
- ◆ **Ottimizzazione della disposizione delle fasi nei casi di linee in doppia terna ammazzettata;**
- ◆ **Ottimizzazione della disposizione delle fasi, rispetto alla gestione dei flussi di energia, in presenza di due linee installate sugli stessi sostegni (doppia terna).**
- ◆ **Trasformazione di una linea in terna singola in una doppia terna compatta ed ottimizzata.**

Esempi di compattazione dei conduttori



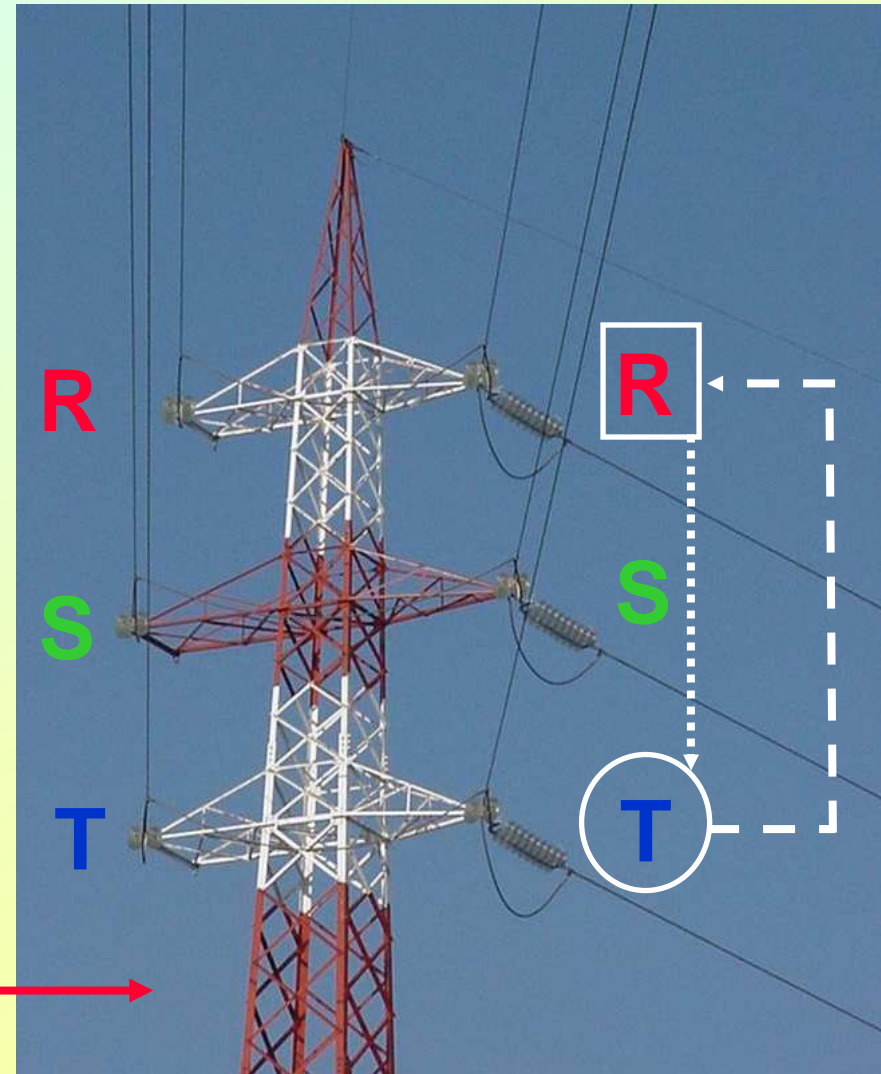
“*Compattatori*”
formano un
triangolo
equilatero con
lato di 2 m

Esempio di trasposizione delle fasi

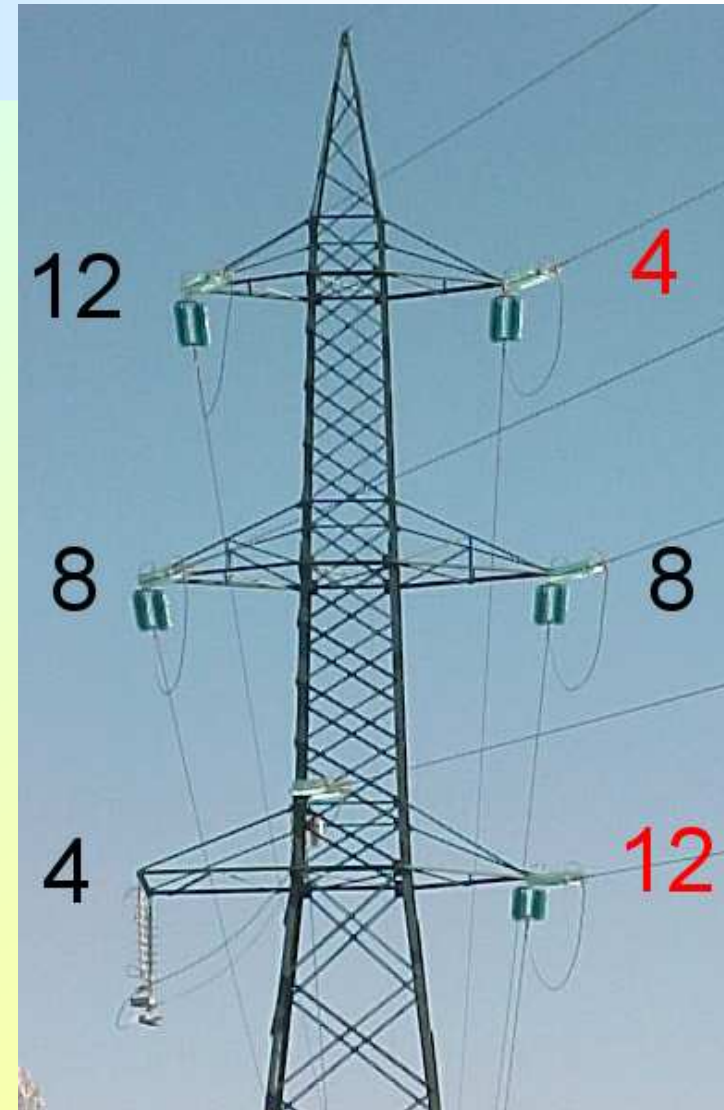
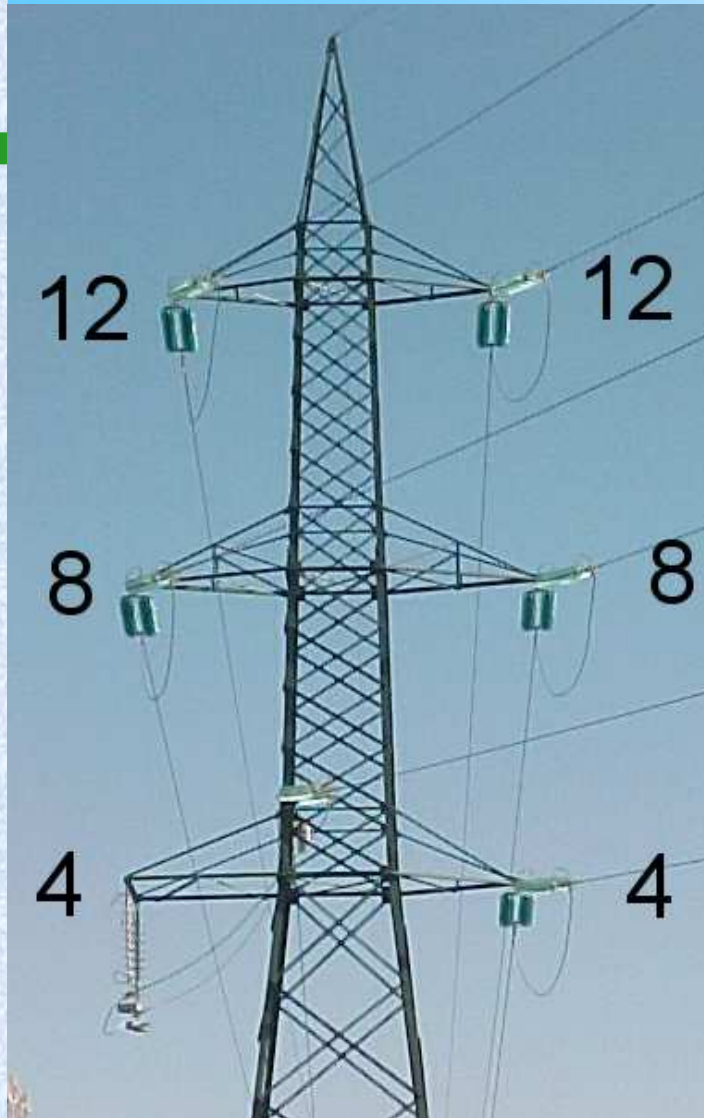


Sostegno in cui si passa da 2 conduttori per fase (in parallelo) a 1 conduttore per fase

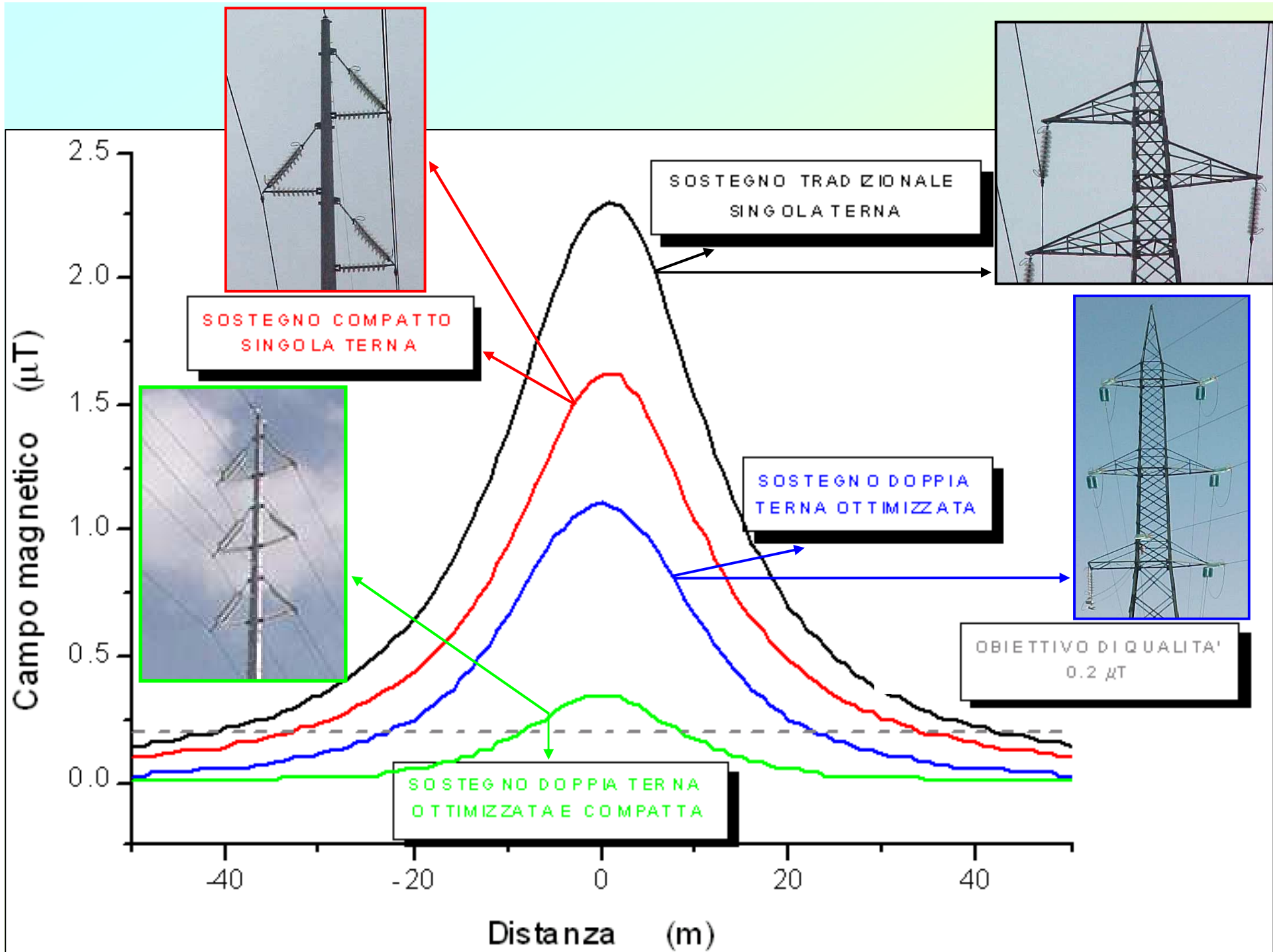
AMMAZZETTAMENTO



Ottimizzazione delle fasi mediante trasposizione



Le fasi appaiate devono stare al centro



OBIETTIVO DI QUALITA'
0.2 μT

SOSTEGNO DOPPIA TERNA OTTIMIZZATA E COMPATTA

Campo magnetico (μT)

Distanza (m)

Cabine secondarie di trasformazione (da 15 kV a 380 V e 220 V)



Cabina MT/BT “a box”
standard attuale

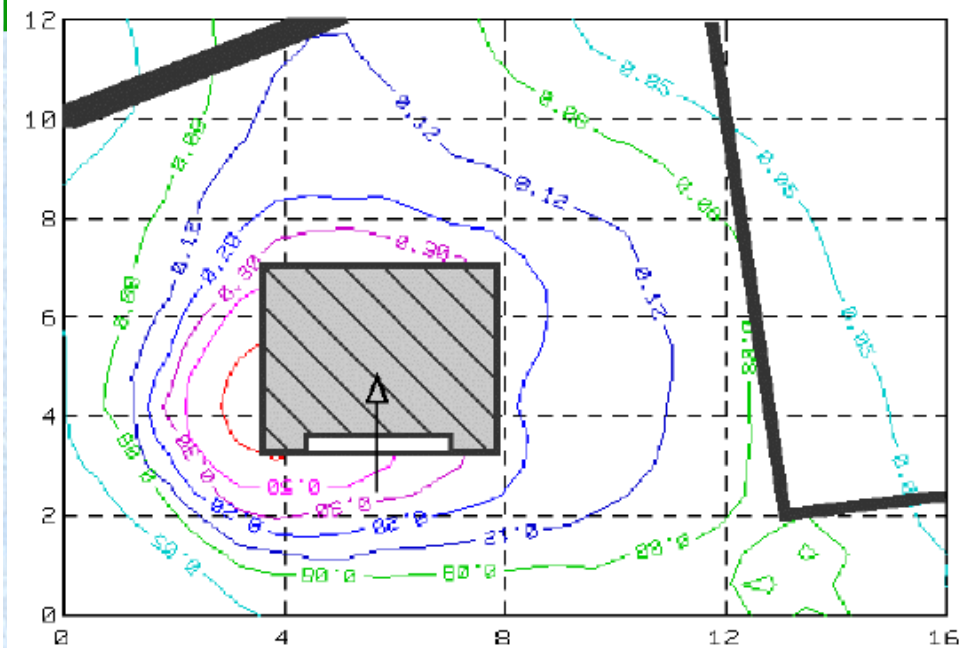
**Hanno un impatto spazialmente
molto confinato**



Cabina MT/BT “a torretta”
standard del passato

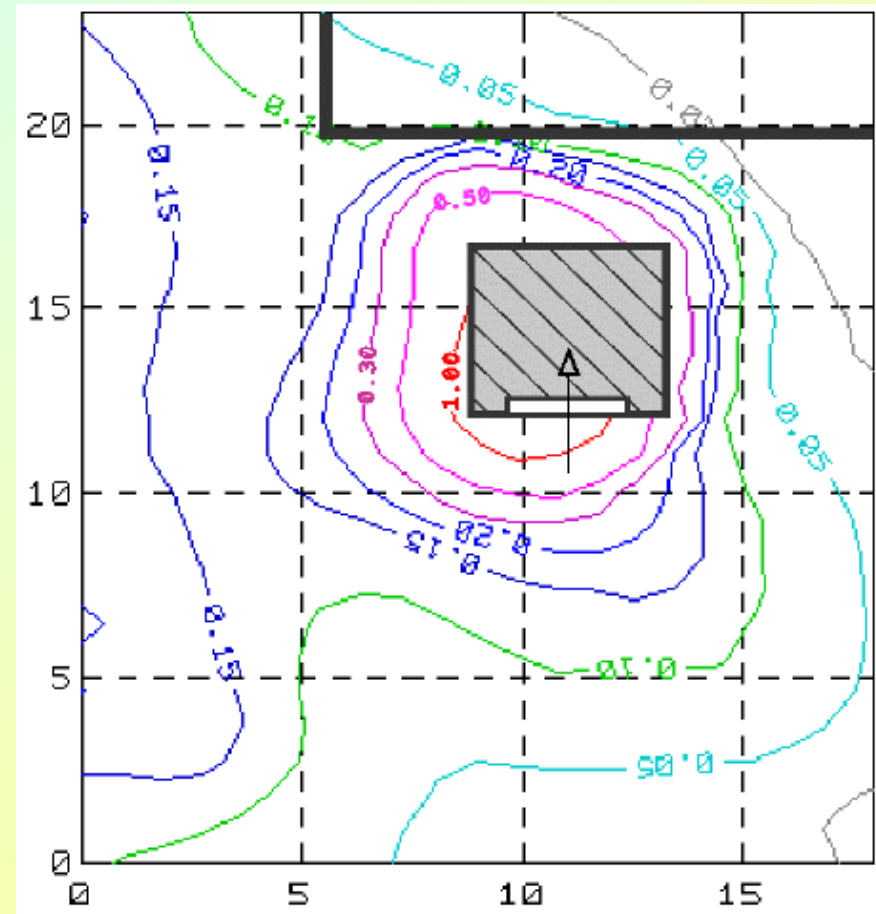
Cabine di trasformazione MT/BT

Caratterizzazione spaziale della sorgente



Mappatura cabina a torretta

Per le cabine MT/BT, tipicamente, a 3 m dalle pareti esterne si ha un livello di induzione magnetica $< 0.20 \mu\text{T}$.



Mappatura cabina a box

Grazie per la cortese attenzione!

Dott. Nicola Colonna

ARPAT - Dipartimento Provinciale di Pisa

U.O. Infrastrutture di Mobilità, Reti Elettriche e di Comunicazione

Via Vittorio Veneto 27

56127 Pisa

Tel. 055 530 52 93

email: n.colonna@arpat.toscana.it