

**Il GIS nello Studio di Impatto Ambientali
dei Campi Elettromagnetici di Bassa Frequenza**

Dr.ssa Ana Teresa da Silva Pereira

Tutor: Dr. Michele Munafó

Prefazione

Le attività oggetto di questa tesi di stage sono state svolte nell'ambito del Sistema Nazionale Conoscitivo e dei Controlli Ambientali (SINAnet) e quindi orientate in un'ottica di condivisione, di integrazione e di diffusione delle informazioni ambientali a livello nazionale.

Nel caso specifico si è sviluppata una metodologia innovativa per lo studio d'impatto ambientale degli impianti elettrici di bassa frequenza mediante l'uso dei Sistemi Informativi Geografici e, quindi, con particolare riferimento al loro inquadramento territoriale.

La metodologia utilizzata evidenzia le potenzialità dei Sistemi Informativi Geografici, all'interno della rete SINAnet, al fine di effettuare analisi spaziali e di gestire e pubblicare informazioni utili a supportare i processi decisionali e la pianificazione territoriale ed ambientale.

I diversi strumenti utilizzati per l'elaborazione della metodologia hanno consentito di sfruttare le enormi potenzialità dei Sistemi Informativi Geografici per l'analisi di dati ambientali evidenziando anche le maggiori criticità e gli attuali limiti di impiego di ciascun software. Un altro elemento rilevante dello studio ha, infatti, riguardato l'analisi dell'interoperabilità fra i diversi strumenti che rimane tutt'oggi un elemento di forte criticità.

L'area di studio scelta ha, infine, permesso di testare l'intera procedura e di verificarne la sua effettiva possibilità di impiego su vasta scala.

Indice

Prefazione.....	2
1. Introduzione	5
1.1. Inquadramento Geografico dell' Area di Studio	7
2. Inquadramento Teorico del Tema in Studio.....	8
2.1. Valutazione d'Impatto Ambientale.....	8
2.1.1. Diffusione delle Procedure d'Impatto Ambientale.....	8
2.1.2. Lo Sviluppo Sostenibile.....	9
2.2. L'Origine del Problema ELF	12
2.2.1. Terminologia.....	13
2.2.2. Sorgenti.....	17
2.2.3. Problemi Igienico-Sanitario.....	19
2.2.3.1 Progetti Internazionali	24
2.2.3.2 Limiti ai CEM in Italia.....	25
2.2.4. La "Soglia di Sicurezza" di 0,2 μ T.....	26
2.2.5 Valutazione della IARC.....	27
2.3. La Normativa sui Campi Elettromagnetici.....	32
2.3.1. Normative Internazionali.....	33
2.3.2. Normativa Nazionale.....	34
2.4. Inquadramento Teorico dei Sistemi Informativi Geografici.....	36
2.4.1. Definizione di GIS.....	36
2.4.2. I Sistemi Informativi Geografici.....	37
2.4.2.1. La Struttura Generale di un GIS.....	38
2.5. L'organizzazione dell'Ambiente di Lavoro in un GIS.....	39
3. Materiali e Metodi.....	40
3.1. Utilizzazione del GPS nella Georeferenziazione dei Tralicci.....	41
3.2. La Realizzazione del Progetto ArcMap 9 Editor.....	48
3.3. Progetto 3D dell'ArcScene.....	72
4. Il Campo elettromagnetico di un elettrodotto.....	76
4.1. Modellizzazione delle Linee Aeree.....	78
4.1.1. Procedure Adottate nello Studio delle Linee ad Alta Tensione.....	79
4.2. Il Progetto Winedt/ELF.....	79
4.2.1. La struttura del Data Base.....	80
4.2.2 Procedure.....	81

4.2.3. Importazione degli Shape File	85
4.3 Menu ELF Gestioni Dati.....	88
4.3.1. Archivio Gestori e Archivio Linee Elettriche.....	88
4.3.2.. Archivio Trattii.....	89
4.3.3. Archivio Campate.....	91
4.3.4. Archivio Sostegni.....	94
4.3.5. Nel Menu Analisi ELF sono disponibile altri due Archivi.....	96
4.3.6. Parametri di Visualizzazione.....	97
4.3.7. Menu ELF Analisi.....	99
4.3.7.1. Selezione Campate.....	100
4.3.7.2. Metodologia d'Analisi.....	103
4.3.7.3. Calcolo dei Punti Notevoli.....	107
4.3.7.4. Inquadramento delle Cinque Aree a Rischio.....	114
4.3.7.4.1. Calcolo del Campo Magnetico del Punto Critico "1".....	115
4.3.7.4.2. Calcolo del Campo Magnetico del Punto Critico "2".....	123
4.3.7.4.3. Calcolo del Campo Magnetico del Punto Critico "3".....	131
4.3.7.4.4. Calcolo del Campo Magnetico del Punto Critico "4".....	137
4.3.7.4.5 Calcolo del Campo Magnetico del Punto Critico "5".....	144
4.3.7.5. RISULTATI - Determinazione del Numero Degli Edifici Impattati.....	149
5. Conclusione	151
Allegato A.....	153
Allegato B.....	157
Allegato C.....	176
Allegato D.....	179
Allegato E.....	180
Allegato F.....	182
Glossario.....	183
Indice di Figure	184
Indice di Tabelle.....	190
Bibliografia.....	191
Siti Internet Consultati.....	193
Ringraziamenti.....	195

1. Introduzione

Nell'ambito della Tesi del Master di Secondo Livello in Sistemi Informativi Geografici, Applicati alla Pianificazione e alla Progettazione del Territorio Urbano e Rurale é stato sviluppato e testato, nella fase di stage realizzato all'APAT (Agenzia per la Protezione dell' Ambiente e dei Servizi Tecnici), una metodologia per lo studio d'impatto ambientale degli impianti elettrici di bassa frequenza mediante l'uso dei Sistemi Informativi Geografici. Le attività sono state svolte nell'ambito del Sistema Nazionale Conoscitivo e dei Controlli Ambientali (SINAnet), finalizzato alla condivisione e diffusione delle informazioni ambientali a livello nazionale e, nel caso specifico, al loro inquadramento territoriale.

“La paura delle "onde elettromagnetiche" agita da diversi anni l'opinione pubblica. Ci si preoccupa dei possibili danni causati dalle esposizioni a quest'agente fisico invisibile, impalpabile, che penetra dappertutto e si diffonde sempre di più, trovando continuamente nuove applicazioni in ambito militare, industriale e dei servizi di pubblica utilità”¹.

La metodologia che si discute ha come obiettivo di evidenziare le potenzialità dei Sistemi Informativi Geografici in analisi di microscala, nella pianificazione e ordinamento del territorio in ambito sia urbano sia rurale. In consonanza della gestione di questo tipo d'infrastruttura sono stati elaborati due progetti con l'uso di due software distinti, che sono ArcGis 9 e WinEDT 5.

Il primo progetto è stato realizzato in ambiente ArcGis, nel qual sono stati sviluppati diversi progetti in ambiente ArcMap e ArcCatalog e in ambiente ArcScene (3D). Questo software ha enormi potenzialità tra cui, la visualizzazione, la creazione, l'elaborazione e l'analisi di dati di diverse nature. Il secondo in ambiente WINEDT, essendo quest'ultimo un software più specifico per le applicazioni del calcolo del campo magnetico immesso dagli elettrodotti. L'interesse è stato proprio quello di approfittare delle potenzialità evidenziate in ciascun software e cercare la loro inter- operabilità in modo da verificare i possibili interventi nel territorio visto che i sistemi informativi geografici sono potenti strumenti d'aiuto ai processi decisionali.

Per esaminare l'impatto delle linee elettriche su parte del territorio comunale, si è fatto riferimento alla Carta Tecnica Regionale 374140 in possesso dell'APAT in formato raster 1:10000 e alla Ortofoto 374140 in formato raster a colori alla scala 1:10.000 fornite dalla stessa Agenzia. In questa cartografia si poteva identificare le linee elettriche in analisi e i rispettivi sostegni, pero la sua definizione non era adeguata per questo tipo d'analisi,

¹ Gazzetta Ambiente, 1999.

una volta che si esige la massima accuratezza dei dati; quindi si è preferito andare in campo e prelevare i tralci con l'ausilio di un GPS portatile e un palmare. Di seguito i dati sono stati portati dentro il software ArcMap 9 dove si sono fatte diverse procedure d'elaborazione, edizione e analisi dei dati tramite gli strumenti disponibili nel software. Nel frattempo ci si è reso conto che con questo software non era possibile calcolare il campo magnetico indotto dagli impianti elettrici, quindi si sono immessi i dati acquisiti dentro un'altro software GIS, il WinEDT fornito gentilmente dalla società CITEC.

L'attività d'integrazione dei dati riguardanti gli elettrodotti e il loro impatto sono stato svolto in ambiente W/inedtELF (questo comando gestisce tutte le operazioni di analisi e valutazione dei campi elettromagnetici di bassa frequenza). In esso sono stati elaborati diverse analisi modo da poter individuare l'area o singoli edifici dove il campo magnetico supera le normative delle leggi vigenti. Questo processo è stato elaborato dopo la consultazione approfondita delle leggi che riguardano questo tipo di problematica, seguita della profonda ricerca che riguarda, il rischio d'impatto elettromagnetico nella popolazione e le conseguenze sulla loro salute realizzate dalle entità competenti.

L'area in analisi fa parte del Municipio XII del Comune di Roma. L'area intorno alle linee elettriche è abbastanza edificata, dove è presente due scuole. Lo studio si è concentrato in modo particolare in queste due scuole, visto essere un'area ad un potenziale maggiore rischio.

I diversi strumenti utilizzati per l'elaborazione della metodologia hanno consentito di sfruttare le enormi potenzialità dei Sistemi Informativi Geografici per l'analisi di dati ambientali evidenziando anche le maggiori criticità e gli attuali limiti di impiego di ciascun software. Un altro elemento rilevante dello studio ha, infatti, riguardato l'analisi dell'interoperabilità fra i diversi strumenti che rimane tutt'oggi un elemento di forte criticità.

L'area di studio scelta ha, infine, permesso di testare l'intera procedura e di verificarne la sua effettiva possibilità di impiego su vasta scala.

1.1. Inquadramento Geografico dell'area in studio

L'area in analisi fa parte del Municipio XII del Comune di Roma.

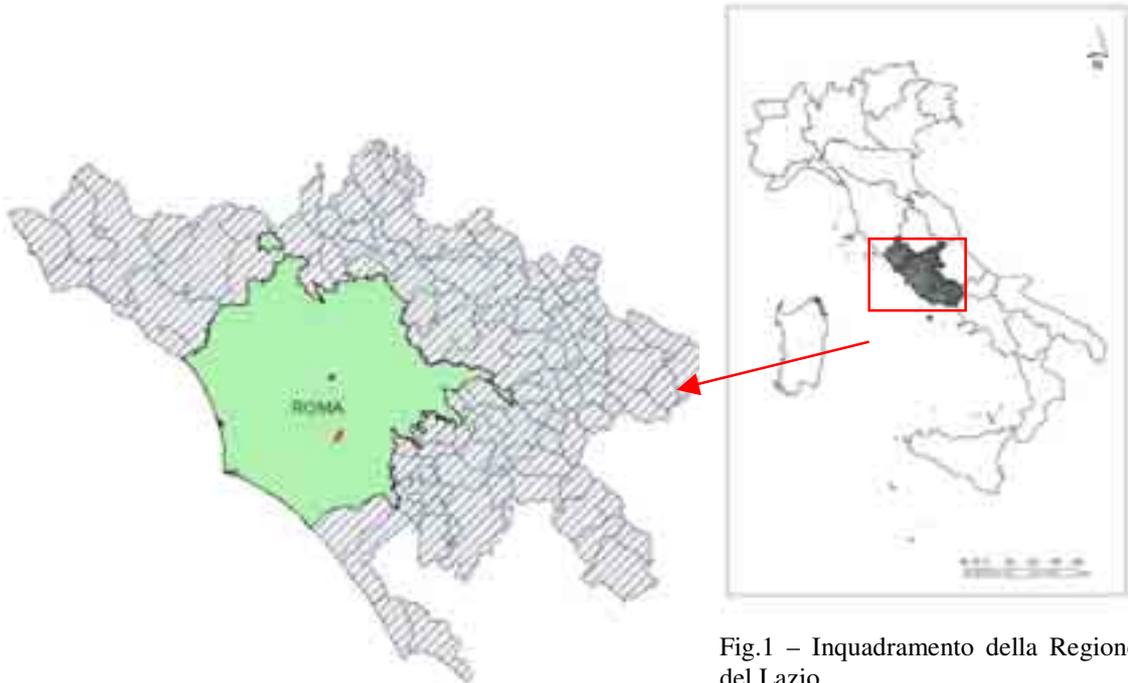


Fig.2 – Inquadramento del Comune di Roma.

Fig.1 – Inquadramento della Regione del Lazio.



Fig.3 – Municipi del Comune di Roma, inquadramento delle linee elettriche in analisi al interno del Municipio XII.

2. Inquadramento Teorico del Tema in Studio

2.1. Valutazione dell'Impatto Ambientale

La **Valutazione dell'Impatto Ambientale (VIA)** individua gli effetti diretti e indiretti di un progetto e delle sue principali alternative, compresa l'alternativa zero, sull'uomo, sulla flora, sul suolo, sulle acque di superficie e sotterranee, sull'aria, sul clima, sul paesaggio e sull'interazione fra questi fattori, nonché sui beni materiali e sul patrimonio culturale, sociale ed ambientale e valuta inoltre le condizioni per la realizzazione e l'esercizio delle opere e degli impianti.

“D'accordo con una prospettiva ecologica, il termine “impatto” significa un cambiamento di nuove condizione ambientali, indotti da determinate azioni, essendo l'impatto”, secondo le conseguenze positivi o negativi nella variazione del ben essere umano”.²

2.1.1. Diffusione delle procedure d'impatto ambientale

L'Environmental Impact Assessment di origine americana ha conosciuto una notevole e rapida diffusione in tutti gli Stati sviluppati, in considerazione del fatto che le motivazioni che gli soggiacevano erano comuni e che l'attenzione nei confronti del problema ambientale si stava mobilitando a livello internazionale, come dimostrano i documenti, che vengono adottati a partire dagli anni Settanta sul tema della tutela ambientale (la Dichiarazione di Stoccolma sull'Ambiente Umano, 16 giugno 1972, al termine della prima Conferenza sull'Ambiente delle Nazioni Unite, UNEP; il Vertice di Parigi del 19-20 ottobre 1972 e la successiva Conferenza di Bonn del 31 ottobre, che segnano l'ingresso della protezione ambientale tra le priorità della Comunità Europea, attraverso i Programmi di Azione Ambientale, dapprima senza fondamento giuridico e poi con uno specifico riconoscimento dell'*azione* comunitaria in materia ambientale, Atto Unico Europeo, 1986, e infine come *politica*, Trattato di Maastricht, 1992) e in alcuni casi anche sulla specifica procedura di impatto ambientale (sia il Consiglio d'Europa con la Risoluzione N. 1 della Seconda Conferenza Europea dei ministri dell'Ambiente, Bruxelles, 23-24 Marzo 1976, che l'UN-ECE, con il documento ECE/ENV/35 del 19 Febbraio 1981, hanno avviato le prime iniziative per lo studio del problema).

Nello stesso tempo l'attenzione verso la VIA si è concentrata anche a livello nazionale. Dagli Stati Uniti l'Environmental Impact Assessment si diffonde con caratteristiche non sempre omogenee in Australia (1974, *Environmental Protection* -

² Munn, 1979.

Impact of Proposals – Act). Canada (1973, *Cabinet Directive on the Environmental Assessment Review Process*). Nuova Zelanda (1973, *National Development Act* del 1979) e, per quanto riguarda l'Europa, prima di tutto in Francia (1976, gli *études d'impact* introdotti dalla legge 76-629) e nella Repubblica Federale Tedesca (1976, con una decisione del Gabinetto Federale che introduce un esame di compatibilità ambientale delle misure pubbliche prese dalle autorità, incluse proposte di legge, regolamenti, atti amministrativi, programmi e progetti), e solo in un secondo tempo (1985, *direttiva 85/337/EEC*) in generale in tutti gli Stati membri. Per quanto riguarda i Paesi in via di sviluppo, una legislazione sull'EIA è stata predisposta rapidamente anche in Colombia (1974) e Venezuela (1976).

2.1.2. Lo sviluppo sostenibile

A partire dagli anni Ottanta, l'attenzione della Comunità Internazionale verso il problema della tutela ambientale non si esaurisce ma s'intensifica, e questo sia perché si avverte la consapevolezza che sono necessari sforzi maggiori e impegni concreti, sia perché nel momento in cui s'intravede una soluzione, attraverso la definizione di un nuovo modello di sviluppo (lo sviluppo sostenibile), si viene a manifestare un conflitto di interessi tra gli Stati industrializzati e quelli in via di sviluppo e si fa molto problematico riuscire a trovare un equilibrio tra i due interessi - apparentemente contrapposti - della tutela dell'ambiente e del diritto allo sviluppo.

Sotto il primo profilo, la soluzione al problema del degrado ambientale viene individuata da un Comitato di ricerca promosso dalla Commissione delle Nazioni Unite per l'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED) che ha concluso i suoi lavori con la pubblicazione del *Brundtland Report* “ Our comon future”(1987). Questo Rapporto ha sottolineato la gravità del problema, mettendo chiaramente in luce che il progressivo deterioramento dell'ambiente è diretta conseguenza di uno sviluppo economico incontrollato e che determinati danni all'ambiente, quale ad esempio il fenomeno dei cambiamenti climatici, rischiano di essere tramandati sistematicamente alle generazioni future. Ha inoltre messo in evidenza l'esistenza di una stretta connessione tra lo sviluppo economico, il deterioramento ambientale e ha infine individuato la necessità di promuovere forme alternative di sviluppo, capaci di sostenere la crescita economica, sia nel breve che nel lungo periodo, e nel contempo la salvaguardia dell'ambiente e la preservazione delle risorse naturali. Uno sviluppo di questo genere è stato definito *sviluppo sostenibile*:

“development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”.

Questa definizione riecheggia la concezione neoclassica dell'ambiente come 'capitale naturale', che in quanto tale può essere utilizzato per la produzione attuale ma deve altresì essere conservato per consentirne l'impiego futuro.

Il gran contributo che reca l'idea della sostenibilità è dato dal fatto che consente di cambiare l'approccio alla gestione del problema ambientale. S'impone un approccio globale, in base al quale l'ambiente sia considerato al pari delle altre componenti del sistema economico. La sostenibilità sottolinea l'imprescindibile esigenza di rendere compatibili i modelli di sviluppo economico e sociale con gli imperativi della protezione ambientale. Per raggiungere l'obiettivo dello sviluppo sostenibile è necessario promuovere il passaggio da un modello d'economia di mercato (*free market economy*), caratterizzata dal massimo sfruttamento dei fattori di produzione, ad un'economia ecologica di mercato (*environmental market economy*) in cui anche l'ambiente figura come un fattore di produzione.

Il Rapporto Brundtland individua una serie di principi e di strumenti che sono suggeriti al fine di perseguire l'obiettivo dello sviluppo sostenibile, che c'interessa segnalare poiché ispiratori della filosofia della valutazione ambientale sia d'impatto sia soprattutto strategico. Così, il principio di prevenzione è chiaramente un principio chiave nella valutazione ambientale, poiché la previsione degli effetti di un certo strumento di sviluppo, sia esso un progetto o uno strumento di programmazione, è finalizzata a scegliere la soluzione ottimale tenendo in considerazione anche la componente ambientale; il principio della condivisione di responsabilità tra i diversi attori del panorama economico, incluse i privati cittadini, presuppone la partecipazione e l'informazione dei privati alle scelte sia a livello di singole opere, che al livello più alto di strumenti di pianificazione e persino di politiche; il suggerimento di impiegare non soltanto strumenti normativi per perseguire l'obiettivo della sostenibilità è un'esplicita dichiarazione a sostegno d'altri metodi, di carattere tecnico ed economico per esempio, che possano garantire un'adeguata considerazione della componente ambientale nelle scelte politiche d'altri settori.

La nozione di sviluppo sostenibile rappresenta la chiave di volta di un nuovo modello di *policy making*, al contempo economico ed ambientale, che la Comunità Internazionale ha posto al centro dell'attenzione con una serie di documenti adottati in occasione del primo *Earth Summit*, la Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo, Rio de

Janeiro, 3-14 giugno 1992. Il 17° tra i Principi della Dichiarazione di Rio riconosce l'importanza della valutazione d'impatto ambientale.

I Principi fondamentali della Dichiarazione di Rio devono essere mantenuti se si vuole mantenere l'Integrità dell'ecosistema come obiettivo primo. I Principi contenuti nella "Dichiarazione di Rio Sull'Ambiente e Lo Sviluppo" sono:

■ **Principio di Integrazione**, secondo l' ambiente è parte integrante dello sviluppo e la tutela dell'integrità ambientale è fondamento dello sviluppo sostenibile (Allegato I, principio 4;)

■ **Principio di Prevenzione**, che attribuisce priorità alla prevenzione del danno ambientale piuttosto che alla riparazione dello stesso (Allegato I, principio 15), anche attraverso la **VIA** (valutazione d'impatto ambientale) su progetti che possono produrre un rilevante impatto sull'ambiente (Allegato I, principio 17).

■ **Principio di Precauzione**, secondo cui non bisognerebbe immettere nulla nell'ambiente fino a che non si hanno le prove che non può provocare danni (Allegato I, principio 15), cioè l' esatto contrario della prassi comune, perché si utilizza un prodotto o un composto finché non si dimostra che è pericoloso;

■ **Principio di Sussidiarietà**, secondo cui le decisioni in materia di politica ambientale devono essere prese al livello amministrativo più basso, con il coinvolgimento della comunità locale (Allegato I, principio 10), in modo tale che rispecchiano bisogni e obiettivi di ogni specifico contesto territoriale, fermo restando che qualora il livello amministrativo più basso non sia in grado di realizzarli interviene il livello più alto;

■ **Principio della responsabilità comune ma differenziata**, vale a dire a seconda dei propri mezzi e della propria colpevolezza (Allegato I, principio 17);

■ **Principio del "chi inquina paga"**, secondo cui chi determina un danno ambientale deve provvedere a risarcire il danno stesso alla collettività, utilizzando strumenti economici per la tutela ambientale (Allegato I, principio 16).

Le attività d'Analisi e Valutazioni Ambientali, come definite dal DPR 8 agosto 2002, n. 207, sono attività di studio e di supporto alla VIA.

"Le attività di Metodologie d'Analisi e Valutazione dell'Impatto Ambientale sono prevalentemente finalizzate alla messa a punto di metodi di valutazione dello stato dell'ambiente, della pianificazione degli interventi e della verifica della loro efficacia, di promozione dello sviluppo di conoscenze per la fissazione d'obiettivi di qualità in campo³ ambientale e di diffusione degli strumenti, metodi e modelli interpretativi delle dinamiche

³ Statuto dell' APAT

dei fenomeni ambientali ai fini delle valutazioni ambientali a livello comunitario, nazionale e regionale, previste dalla vigente normativa in campo ambientale, in particolare per quanto attiene alla VIA, alla VAS ed all'IPPC".³

2.2. L'origine del problema ELF

Sulla Terra è da sempre presente un fondo elettromagnetico naturale, le cui sorgenti principali sono la terra stessa, l'atmosfera ed il sole, che emette radiazioni infrarosse, luce visibile e radiazioni UV. Gli esseri viventi hanno da sempre convissuto con queste radiazioni, evolvendosi in modo da adattarsi, proteggersi o utilizzare al meglio questi agenti fisici. A questi si sono aggiunti, con il progresso tecnologico, i campi prodotti dalle sorgenti legate all'attività dell'uomo, innalzando il fondo naturale di migliaia di volte.

I fattori di quest'aumento sono innanzitutto i grandi conduttori di energia elettrica come gli elettrodotti, gli impianti radar e di emittenza radio televisiva, i ponti radio televisivi e per telefonia mobile, nonché, anche se in misura minore, gli elettrodomestici ed i telefoni cellulari. A completare la panoramica si sono aggiunti in questi ultimi anni i satelliti in orbita geostazionaria per telecomunicazioni.

L'influenza dei campi elettromagnetici nell'ambiente viene da alcuni anni a questa parte preoccupando l'opinione pubblica, creando ansietà e molta speculazione su i potenziali danni che possono provocare a livello ambientale. Intanto il nostro studio si occuperà di provare a dare alcune risposte a quello che si è chiamato la problematica dei campi ELF che è la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze molto basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz. Le principali sorgenti artificiali di campi ELF sono gli elettrodotti a bassa, media ed alta tensione, le linee elettriche di distribuzione e tutti i dispositivi alimentati a corrente elettrica alla frequenza di 50 Hz, quali elettrodomestici, videoterminali tra altri.

La problematica relativa alle esposizioni ai campi elettrici e magnetici a frequenza industriale ha avuto il Boom alla fine degli anni '80. Questi campi sono dispersi nell'ambiente dalle linee di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica e dagli impianti industriali e domestici per il suo trattamento (centrali, cabine di trasformazione) ed utilizzo, la cui frequenza di funzionamento in Europa è di 50 Hz, rientrano nella *banda ELF* (Extremely Low Frequency, da 30 a 300 Hz). Si tratta di una problematica che ha un notevole impatto nell'opinione pubblica e ha dato luogo al costituirsi di numerosi comitati contro la costruzione di elettrodotti. Sono state organizzate manifestazioni, scritte petizioni, chiesti innumerevoli interventi alle istituzioni competenti; sulla questione si

tengono continui convegni e tavole rotonde a vari livelli; sull'onda di questo movimento alcune Regioni hanno emanato normative in notevole contrasto con le raccomandazioni delle istituzioni internazionali e le più recenti disposizioni legislative nazionali. Di conseguenza, vi sono state notevoli pressioni sulla comunità scientifica perché affrontasse l'argomento. (Andreuccetti, 1999)

L'evento che ha dato origine alla problematica ELF è stato probabilmente la pubblicazione, nel 1979, sull'*American Journal of Epidemiology*, dell'articolo *Electrical wiring configurations and childhood cancer* di Nancy Wertheimer e Ed Leeper in (Andreuccetti, 1999). In quest'articolo per la prima volta si avanzava l'ipotesi della possibile esistenza di un'associazione tra la residenza nei pressi di grandi elettrodotti e l'insorgere di gravi patologie infantili, come la leucemia. Di seguito si sono cominciati a circolare i risultati di numerosissime indagini di verifica, molte delle quali confermavano l'associazione, altre, ma un po' meno numerose, negative.

Nel gennaio del 1990 la prestigiosa INIRC-IRPA (l'International Non-Ionizing Radiation Committee dell'International Radiation Protection Association) pubblicava su *Health Physics* le sue *Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields* che indicava i livelli massimi ammissibili di esposizione, diversificandoli per i "professionalmente esposti" e per la popolazione in genere.⁵

2.2.1. Terminologia

“I campi elettromagnetici consistono d'onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce, e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda. La frequenza è semplicemente il numero di oscillazioni dell'onda nell'unità di tempo ed è misurata in hertz (1 Hz = 1 ciclo al secondo), mentre la lunghezza d'onda è la distanza percorsa dall'onda nel tempo di un'oscillazione.”⁶ (o un ciclo).

I campi ELF sono definiti come quelli di frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz), e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono misurati separatamente.⁶

⁵ Andreuccetti, 1999.

⁶ <http://www.arpa.emr.it/elettromog/bassefrequenze.html>

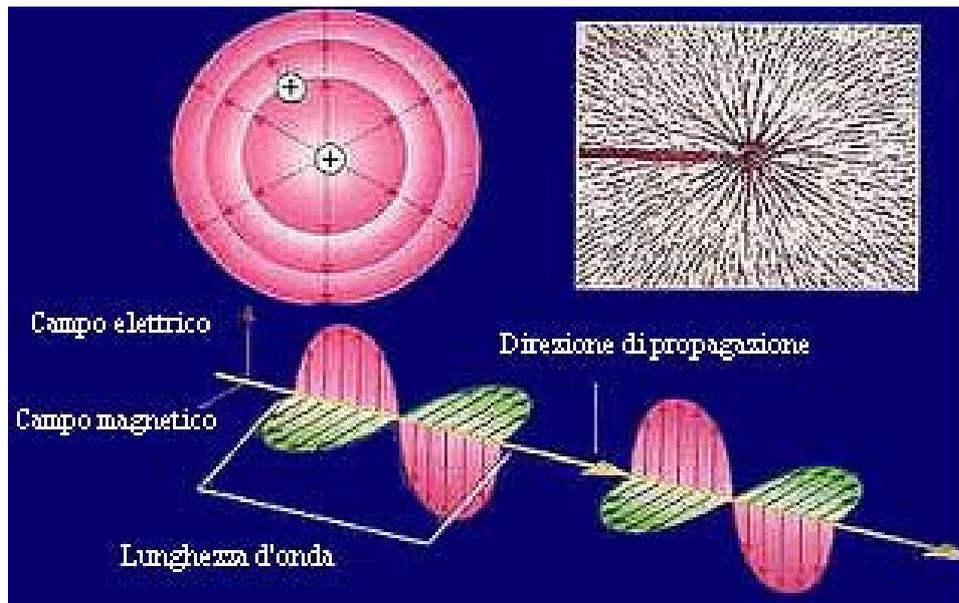


Fig.5 – Schema della propagazione delle onde elettromagnetiche, <http://www.arpa.emr.it>

Un **campo elettrico** è una regione di spazio dove si manifestano forze sulle cariche elettriche, dando possibilmente origine, se le cariche sono libere di muoversi, a correnti elettriche; analogamente, un **campo magnetico** è una regione di spazio dove si manifestano forze sui dipoli magnetici e sulle correnti elettriche; anche il campo magnetico è in grado di generare correnti nei materiali conduttori, poiché determina in essi un campo elettrico indotto.

le caratteristiche fisiche dei campi che ci interessano in particolare sono l'**ampiezza** (che è una misura della intensità delle forze prodotte dai campi) e la **frequenza** (che indica quanto rapidamente l'ampiezza varia nel tempo); quest'ultima si misura in "hertz" (simbolo Hz), l'intensità del campo elettrico si misura in "volt/metro" (V/m), l'intensità del campo magnetico in "tesla" (T); essendo questa un'unità di misura molto grande, si utilizzano spesso i sottomultipli "millitesla" (mT) e "microtesla" (μ T) e "nanotesla" (nT). In alcuni paesi è d'uso comune una diversa unità di misura dell'induzione magnetica, il gauss (G). Ai fini della conversione, $10.000 \text{ G} = 1 \text{ T}$, $1 \text{ G} = 100 \mu\text{T}$, $1 \text{ mT} = 10 \text{ G}$, $1 \mu\text{T} = 10 \text{ mG}$.⁷

Ad ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, se il dispositivo è acceso e vi è una corrente circolante, è associato un campo magnetico proporzionale alla corrente fornita dalla sorgente cui il dispositivo è collegato. I campi magnetici sono massimi vicino alla

⁷ <http://www.who.ch/emf>.

sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.⁸

Grandezza	Unità di misura	Abbreviazione
tensione elettrica V	volt	V
corrente elettrica I	ampere	A
densità di corrente J	ampere/m ²	A/m ²
potenza P	watt	W
campo elettrico E	volt/metro	V/m
campo magnetico H	ampere/metro	A/m
induzione magnetica B	tesla	T
densità di potenza S	watt/(metro) ²	W/m ²
frequenza f	hertz	Hz
lunghezza d'onda l	metro	m

Tabella I - unità di misura delle diverse grandezze.

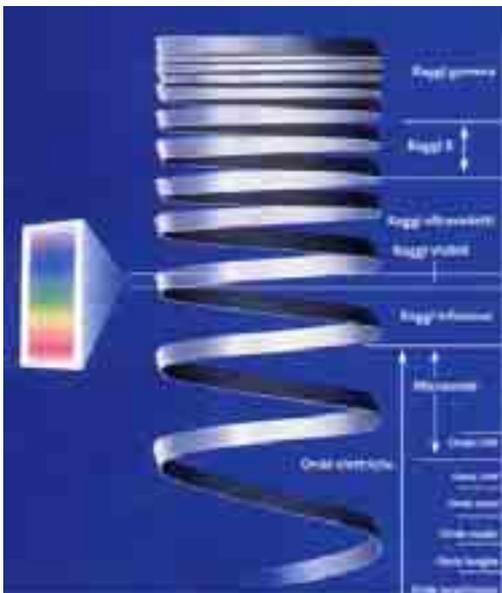


Fig.6 – Spettro Elettromagnetico.

La classificazione delle onde elettromagnetiche fatta in base alla frequenza o alla lunghezza d'onda ed è indicata col nome di spettro elettromagnetico. Quando un'onda elettromagnetica incontra un ostacolo penetra nella materia e deposita la propria energia producendo una serie d'effetti diversi secondo la sua frequenza. Sulla base di questo, lo spettro elettromagnetico viene suddiviso in una sezione

IONIZZANTE, comprendente raggi X e raggi gamma, aventi frequenza molto alta (> 3000 THz) e dotati di energia

⁸ <http://www.who.ch/emf>

sufficiente per ionizzare direttamente atomi e molecole, ed una NON IONIZZANTE (NIR), le cui radiazioni non trasportano un quantitativo di energia sufficiente a produrre la rottura dei legami chimici e produrre ionizzazione.⁹

Le radiazioni non ionizzanti (NIR) costituiscono una parte dello spettro elettromagnetico e sono caratterizzate in frequenza da diversi sottointervalli convenzionalmente indicati come:

■ **campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF)** sono definiti come quelli di frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz), e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono misurati separatamente.

■ radiofrequenze(RF);

■ microonde (MO);.

DENOMINAZIONE		SIGLA	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE		ELF	0 - 3kHz	> 100Km
FREQUENZE BASSISSIME		VLF	3 - 30kHz	100 - 10Km
RADIOFREQUENZE	FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE)	LF	30 - 300kHz	10 - 1Km
	MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE)	MF	300kHz - 3MHz	1Km - 100m
	ALTE FREQUENZE	HF	3 - 30MHz	100 - 10m
	FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE)	VHF	30 - 300MHz	10 - 1m

⁹ <http://niremf.ifac.cnr.it/emfref/docs/icnirp.pdf>

MICROONDE	ONDE DECIMETRICHE	UHF	300MHz - 3GHz	1m - 10cm
	ONDE CENTIMETRICHE	SHF	3 - 30GHz	10 - 1cm
	ONDE MILLIMETRICHE	EHF	30 - 300GHz	1cm - 1mm
INFRAROSSO		IR	0,3 - 385THz	1000 - 0,78mm
LUCE VISIBILE			385 - 750THz	780 - 400nm
ULTRAVIOLETTO		UV	750 - 3000THz	400 - 100nm
RADIAZIONI IONIZZANTI		X	> 3000THz	< 100nm

Quadro II – Frequenza e lunghezza d'onda delle radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti.
<http://niremf.ifac.cnr.it>.

Le diverse modalità d'interazione dei campi elettromagnetici con i sistemi biologici e gli effetti potenzialmente derivabili sono dipendenti dalla frequenza stessa del campo; i riferimenti normativi riguardanti la tutela dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori devono differenziarsi di conseguenza secondo il range di frequenza considerati e pertanto risultano essere molteplici. Quest'argomento però è trattato più approfonditamente più avanti.

2.2.2. Sorgenti

Le ELF trovano applicazione nel trasporto, trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica (elettricoli, sottostazioni, etc.) e in tutte quelle apparecchiature domestiche o industriali alimentate a 50 Hz; il maggior impatto, per quanto riguarda l'inserimento ambientale, è dato in particolare dalle linee di trasmissione ad alta tensione utilizzate per il trasporto dell'energia elettrica a grandi distanze, l'entità dei campi è elevata di sotto delle linee stesse e decresce rapidamente con la distanza.

Di seguito, è fornita una panoramica delle sorgenti di campi ELF che s'incontrano in ambienti di vita, in casa e nei posti di lavoro, assieme a tipici valori massimi di tali campi.

Negli Ambienti di vita l'energia elettrica prodotta dagli impianti di produzione è distribuita agli utenti attraverso linee di trasmissione ad alta tensione. Per abbassare la tensione al

momento della connessione con le linee di distribuzione che forniscono l'energia alle abitazioni, sono utilizzati dei trasformatori. I campi elettrici e magnetici immediatamente al di sotto delle linee aeree di trasmissione possono raggiungere rispettivamente 12 kV/m e 30 μ T. Attorno agli impianti di produzione e alle sottostazioni si possono trovare campi elettrici fino a 16 kV/m e campi magnetici fino a 270 μ T.¹⁰

Negli Ambienti domestici i campi elettrici e magnetici nelle case dipendono da molti fattori, tra cui la distanza da elettrodomestici locali, il numero ed il tipo di elettrodomestici usati e la configurazione e la localizzazione dei circuiti elettrici interni all'abitazione. I campi elettrici attorno agli elettrodomestici e alla maggior parte degli altri dispositivi non superano, tipicamente, 500 V/m, mentre i campi magnetici non superano, tipicamente, 150 μ T. In entrambi i casi, l'intensità dei campi può essere sensibilmente maggiore a brevi distanze, ma diminuisce rapidamente allontanandosi dalla sorgente.¹⁰

Negli Ambienti di lavoro attorno agli apparati elettrici usati nell'industria e ai relativi circuiti esistono campi elettrici e magnetici. I lavoratori addetti alla manutenzione delle linee di trasmissione e di distribuzione possono essere esposti a campi elettrici e magnetici molto intensi. All'interno degli impianti di produzione e delle sottostazioni si possono trovare campi elettrici superiori a 25 kV/m e campi magnetici superiori a 2 mT. I saldatori possono essere esposti a campi magnetici fino a 130 mT. Vicino a forni ad induzione e a celle elettrolitiche industriali i campi magnetici possono raggiungere 50 mT. Negli uffici, i lavoratori sono esposti a campi più bassi quando utilizzano dispositivi come macchine fotocopiatrici o videoterminali.

Anche dal punto di vista dell'esposizione sono importanti gli apparati e gli impianti a bassa tensione presente in ambienti di vita e di lavoro che generano campi d'entità non trascurabile e che coinvolgono, per tempi anche prolungati, un notevole numero d'individui della popolazione e di lavoratori non esposti per ragioni professionali.¹⁰

¹⁰ <http://www.who.ch/emf/>

2.2.3 Problemi igienico-sanitario

I problemi igienico-sanitari correlati al trasporto dell'energia si riducono essenzialmente alla valutazione del grado di sicurezza raggiunto da una data installazione. I rischi connessi alla presenza di un elettrodotto si possono sintetizzare nei seguenti:¹⁰

☐ **Rischi strutturali**

Verifica di stabilità dei conduttori, dei sostegni, delle fondazioni, nonché alla verifica delle altezze e distanze minime o massime, atte ad evitare impatto con mezzi e persone. L'accettabilità di tali rischi si può dare per scontata stante la severa e minuziosa legislazione in materia d'elettrodotti,

☐ **Rischi di elettrocuzione**

Le normative in materia, fissando precisi limiti alle tensioni di contatto in caso di guasto e stabilendo opportune condizioni di verifica elettrica e termica, intendono proprio implicitamente fissare un livello di rischio residuo molto basso, tale da garantire le persone contro i pericoli di elettrocuzione,

☐ **Rischi associati alla presenza di campi elettromagnetici**

Quando un organismo biologico (per esempio un individuo) si trova in un campo elettrico o in un campo magnetico, ha inevitabilmente luogo un'interazione tra le forze dei campi e le cariche e le correnti elettriche presenti nei tessuti dell'organismo che, in particolare alle basse frequenze, sono in linea di massima dei buoni conduttori. Come conseguenza dell'interazione, all'interno dell'organismo sono indotte grandezze fisiche (campo elettrico, campo magnetico, densità di corrente) legate all'intensità ed alla frequenza dei campi, alle caratteristiche dell'organismo ed al modo d'esposizione. Il risultato dell'interazione è sempre un effetto, inteso come deviazione delle condizioni dei tessuti dalla precedente condizione d'equilibrio. Quando i normali meccanismi di compensazione sono in grado di annullare la perturbazione, ripristinando la condizione d'equilibrio, si parla d'effetto indifferente; se questo non avviene, l'effetto diviene *manifesto* e può essere benefico se procura un vantaggio all'organismo. Quest'effetto si manifesta avverso se provoca procura un danno, questo può essere permanente se continua dopo aver interrotto l'esposizione.

La valutazione degli effetti del campo elettrico e magnetico sull'uomo, sugli animali, sulla vegetazione esce dai limiti di competenza del tecnico. Il suo obiettivo è solo quello di valutare se la realizzazione ingegneristica rispetta i limiti stabiliti da leggi o da norme, emanate da Enti riconosciuti a livello internazionale. La simulazione numerica è uno strumento essenziale per una rapida e affidabile valutazione dei livelli di campo in una

qualsiasi area interessata da elettrodotti, in modo di poterne agevolmente valutare la compatibilità elettromagnetica relativamente a vecchi o nuovi insediamenti rispetto a differenti limiti di esposizione da rispettare. Si ritiene utile, richiamare in sintesi i principi fisici che stanno alla base del fenomeno in esame.

“Per tali frequenze, il campo elettrico prodotto da un sistema polifase di conduttori posti entro uno spazio imperturbato, è esprimibile con un vettore d'intensità E (misurabile in V/m) che ruota in un piano descrivendo un'ellisse. Per sua natura esso risulta associato alle cariche in gioco, e quindi alle tensioni, ed è quindi presente non appena la linea sia posta in tensione, indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza. Trattandosi inoltre di una grandezza variabile nel tempo, occorre distinguere tra i suoi valori massimi, medio ed efficace, ricordando che le normative fanno solitamente riferimento ai valori efficaci (mentre gli studi epidemiologici considerano talvolta anche i valori medi o quelli di picco”¹¹

“Il campo magnetico è invece associato alla corrente (e quindi alla potenza) trasportata dalla linea: esso scompare quando la linea è sola, in tensione, ma non trasporta energia. Anche il campo magnetico è una grandezza vettoriale d'intensità H (misurabile in A/m) o induzione $B = \mu H$, misurabile in Tesla, T , dove μ è la permeabilità magnetica del mezzo).”

“Nel caso di un sistema polifase in corrente alternata, il vettore campo magnetico nasce dalla composizione dei contributi di tutte le correnti circolanti nei conduttori e, come per il campo elettrico, ruota su un piano descrivendo una ellisse: nelle normative si fa riferimento, anche in questo caso, al suo valore efficace”

“I contributi al campo elettrico e magnetico generati a più conduttori vengono dedotti considerando la loro composizione vettoriale istantanea in ogni punto dello spazio considerato, ovvero, riferendosi alle componenti di essa secondo gli assi di un sistema di coordinate x, y, z di riferimento, sommate secondo espressioni quadratiche per la determinazione del valore efficace”.¹¹

Com'è noto sia campi elettrici sia magnetici si manifestano normalmente anche in natura. Il campo magnetico terrestre ha un'intensità media di circa $40 \mu T$ ed è prodotto principalmente dai correnti circolanti nello strato più esterno del nucleo terrestre. Sulla superficie terrestre esiste anche un campo elettrico naturale, creato dalle cariche presenti nella ionosfera, che assume valori dell'ordine di $0,1 \text{ kV/m}$ in condizioni di bel tempo;

¹¹ Fava, 2004

durante forti perturbazioni atmosferiche il campo elettrico al suolo può raggiungere intensità di 10-20 kV/m su superfici piane. I campi terrestri naturali sono statici (non variano nel tempo) o lentamente variabili, a differenza dei campi associati alla produzione, trasmissione e utilizzazione dell'energia elettrica i quali sono alternati alla frequenza di 50 Hz.

Sul piano sanitario, i primi effetti dannosi riportati come conseguenza dell'esposizione ad intensi campi elettromagnetici (cataratta, sterilità) erano di tipo indiscutibilmente termico, essendo imputabili al surriscaldamento d'alcuni organi bersaglio particolarmente vulnerabili (cristallino, gonadi). Dal punto di vista normativo, si delinearono ben presto due scuole di pensiero. La prima, tipica dei Paesi occidentali, vedeva in questi effetti termici l'unico meccanismo d'azione dei campi elettromagnetici e portava quindi a normative miranti a difendere gli esposti da eccessivo riscaldamento locale o sistemico. La seconda, diffusa in URSS ed in alcuni Paesi dell'est europeo, dava credito all'esistenza di una multiforme casistica di effetti non termici, consistenti principalmente in disturbi più o meno soggettivi, ricondotti in genere ad alterazioni del sistema nervoso che sembravano conseguenti ad un'esposizione prolungata a campi elettromagnetici di livelli anche molto bassi; quest'approccio conduceva a fissare soglie di sicurezza notevolmente più basse di quelle termiche (anche 1000 volte, in termini di potenza).¹²

Attualmente, essendo fallito qualunque tentativo di accertare scientificamente e descrivere quantitativamente gli effetti non termici, non è rimasta traccia di questa seconda impostazione e le norme di sicurezza emanate dalle varie istituzioni internazionali e poi nazionali si riferiscono unicamente agli effetti acuti dei campi elettromagnetici.

Quando un organismo biologico si trova immerso in un campo elettromagnetico, si verifica un'interazione tra le forze del campo e le cariche e le correnti elettriche presenti nei tessuti dell'organismo. Quest'interazione provoca una perturbazione intesa come deviazione dalle condizioni d'equilibrio elettrico a livello molecolare. Intanto per potere parlare d'effetto biologico, si deve verificare una variazione morfologica o funzionale in strutture di livello superiore come tessuti, organi e sistemi. Però per sé verificare un danno deve occorrere che l'effetto superi la capacità di compensazione di cui dispone l'organismo, che dipenderà anche dalle condizioni ambientali. Quindi il rischio indica la probabilità di subire un danno.¹³ Le norme di sicurezza dovrebbero proteggere gli individui dal rischio di subire

¹² <http://www.iroe.fi.cnr.it>

¹³ Andreuccetti in <http://www.ifac.cnr.it>.

questo danno dovuto all'esposizione del campo elettromagnetico, questi danni si classificano in danni acuti e danni cronici. "Gli effetti acuti si possono classificare in immediati e in oggettivi. I primi occorrono subito quando si applica il campo e terminano altrettanto immediatamente. Gli effetti acuti oggettivi occorrono su qualunque soggetto. Per frequenze fino ad almeno un centinaio di chilohertz, le più autorevoli normative internazionali di protezione dai campi elettromagnetici riconoscono nella densità di corrente indotta nei tessuti, il principale parametro del quale correlare l'esposizione agli effetti biologici acuti che si manifestano negli individui esposti. Questi effetti consistono in una "interferenza" delle correnti indotte con i meccanismi fisiologici della percezione sensoriale e dell'attivazione muscolare, perciò l'esposizione, se sufficientemente intensa, si manifesta con allucinazioni visive (*fosfeni*) o tattili (scosse, formicolii) o con contrazioni muscolari involontarie.

Per frequenze superiori, gli effetti acuti sono invece imputabili alla potenza assorbita per unità di massa (detta SAR, dall'inglese "Specific Absorption Rate") e consistono in pratica nel riscaldamento locale di tessuti e organi o sistemico dell'intero organismo".¹³

Soglia	Frequenza	Effetti Acuti non termici
10 mA/m ²	20 Hz	Valore minimo per la generazione di <i>fosfeni</i> (allucinazioni visive)
100 mA/m ²	10-400 Hz	Valore minimo per la stimolazione dei recettori nervosi periferici (percezione di formicolii e sensazioni analoghe)
0.5 A/m ²	10-100 Hz	Valore tipico per la stimolazione di contrazioni nella muscolatura scheletrica
0.8 A/m ²	10-100 Hz	Valore minimo per l'eccitazione di extrasistole ventricolari.
2 A/m ²	10-100 Hz	Soglia minima di innesco della fibrillazione ventricolare con tempi di stimolazione di almeno 1 secondo
Soglia	Effetti Acuti Termici	
0.08 W/kg	Limite di sicurezza per l'esposizione della popolazione	

0.4 W/kg	Limite di sicurezza per le esposizioni professionali
1.2 W/kg	Valore tipico del calore prodotto spontaneamente da un organismo umano in condizioni di riposo (<i>metabolismo basale</i>)
4 W/kg	Valore minimo a cui sono stati evidenziati effetti sperimentali su volontari, in caso di riscaldamento sistemico
100 W/kg	Soglia tipica per danni termici su organi bersaglio (cataratta, sterilità)

Quadro III - soglie di densità di corrente per i principali effetti *acuti non termici*: tra parentesi è indicata la banda di frequenza interessata; i termini "minimo" e "tipico" si riferiscono alla variazione da individuo ad individuo e le principali soglie per gli effetti termici, www.IFAC.CNR.it

Nella tabella riportata sono rappresentate le soglie di densità di corrente per i principali effetti acuti non termici: tra parentesi è indicata la banda di frequenza interessata; i termini "minimo" e "tipico" si riferiscono alla variazione da individuo ad individuo e le principali soglie per gli effetti termici.¹⁴

Gli effetti cronici a loro volta sono definiti spesso anche com'effetti a "lungo termine" conseguenti alle esposizioni prolungate a livelli di campo elettromagnetico anche molto bassi rispetto alle soglie acute. Solo per mezzo di studi epidemiologici si può arrivare a una possibile esistenza d'associazione statistica significativa tra l'esposizione e l'insorgenza di determinate patologie.

Nella maggior parte dei casi, questo avviene confrontando il livello di esposizione di due campioni di popolazione, di cui il primo composto da individui affetti dalla patologia in esame ed il secondo costituito da un analogo numero di individui sani, il più possibile confrontabile per ogni altra caratteristica con gli individui del primo campione.

Secondo Daniele Andreuccetti le molteplici patologie fino ad oggi indagate tramite due campioni di popolazione dove uno è sano e l'altro affetto dalla patologia, possono essere grossolanamente suddivise in due categorie.

- Patologie con sintomi più o meno soggettivi (affaticamento, irritabilità, difficoltà di concentrazione, diminuzione della libido, cefalee, insonnia, impotenza ecc);
- Patologie con sintomi oggettivi ed in genere gravissimi (tumori, malattie degenerative).

Tra queste ultime, quella che riveste maggior importanza, sia per la mole di studi eseguiti che per l'impatto emotivo che ha sulla popolazione, è sicuramente la leucemia infantile in

¹⁴ Andreuccetti, www.ifac.cnr.it

rapporto all'esposizione al campo magnetico a 50/60 Hz generato da elettrodotti, impianti elettrici ed elettrodomestici, obiettivo primordiale di questo studio.

L'epidemiologia dei campi elettromagnetici non ha finora evidenziato in modo attendibile l'esistenza né di un valore di soglia né di una relazione dose-aumento di rischio, sebbene non possano essere ignorati, tuttavia non costituiscono una "base utile per l'accertamento del rischio", vale a dire per costruire norme di sicurezza.

Pertanto, tutte le norme di sicurezza emanate dalle organizzazioni internazionali "a base scientifica" sono basate solo sugli effetti acuti.

2.2.3.1 Progetti Internazionali

Sono state espresse inquietudine a esposizioni a basse frequenze derivate dai campi magnetici a frequenze di potenza (50/60 Hz), possono condurre a un aumento nell'incidenza di cancro in bambini e altri effetti avversi nella salute. Queste evidenze arrivano primamente da studi epidemiologici realizzati in gruppi di residente. Questi studi suggeriscono che i bambini che erano esposti ai campi elettromagnetici stavano associate ad un aumento al rischio di leucemia.



Dovuto a questo aumento del potenziale rischio, la organizzazione mondiale di salute (WHO), é stabilito il progetto internazionali EMF nel 1996, di modo a studiare e capire le evidenze scientifiche dei possibili effetti nella salute degli campi elettromagnetici di frequenza tra 0 e 300 GHz. Questo progetto incoraggia la ricerca scientifica, di modo a riempire i gaps di conoscenza e facilita a sviluppare dei limiti standard per l'esposizione ai campi elettromagnetici. Il progetto ha sede presso il quartiere generale dell'OMS a Ginevra, Svizzera. Dovrà completare i suoi studi sul rischio nella salute dei campi elettromagnetici in 2007, perché la prima data per le conclusioni 2002-2003 è già scaduta.



Fig. 7. Diagramma del progetto, <http://www.who.ch/emf/>.

2.2.3.2 I Limiti ai CEM in Italia

I limiti d'esposizione ai CEM proposti dagli organismi internazionali e recepiti anche dalla normativa italiana garantiscono con sufficiente margine di sicurezza contro l'insorgenza ai possibili effetti dei CEM come:

- **effetti sul sistema visivo e sul sistema nervoso centrale**
- **stimolazione di tessuti eccitabili**
- **extrasistole e fibrillazione ventricolare**

Sono stati riscontrati inoltre sintomi quali cefalea, insonnia, affaticamento, in presenza di campi al di sotto dei limiti raccomandati per la protezione dagli effetti acuti (ipersensibilità elettromagnetica). In questi casi è però difficile separare gli effetti dovuti all'esposizione da quelli di tipo psicosomatico per fenomeni d'autosuggestione.¹⁵

Gli **effetti cronici** che sono quelli che interessano i campi ELF possono manifestarsi dopo periodi anche lunghi di latenza in conseguenza di lievi esposizioni, senza alcuna soglia certa.

¹⁵ www.who.int/emf

Tali effetti hanno una natura probabilistica: all'aumentare della durata dell'esposizione aumenta la probabilità di contrarre un danno ma non l'entità del danno stesso. Gli effetti cronici sono stati studiati attraverso numerose indagini epidemiologiche e studi su animali, che hanno dato fino ad oggi riscontri controversi.

Per l'esposizione alle basse frequenze, alcuni studi hanno ipotizzato un aumento del rischio per la leucemia infantile come si è riferito sopra; in molti di questi studi è stato scelto il valore di 0.2 μ T come linea di demarcazione tra individui esposti e non esposti. Secondo stime effettuate dall'Istituto Superiore di Sanità, l'esposizione ai campi ELF prodotti dalle linee elettriche potrebbe causare in Italia indicativamente l'1% dei circa 400 casi di leucemia infantile che si registrano ogni anno.¹⁶

2.2.4. La "soglia di sicurezza" di 0,2 μ T

La espressione di "soglia di sicurezza" suscita molte discussioni, molti studiosi le parlano di questa soglia pero secondo molti altri scienziati, non esiste assolutamente una "soglia di sicurezza" del genere, soprattutto quando si parla degli effetti cronici, o a "lungo termine" del impatto dei campi elettromagnetici a bassa frequenza, dal fatto che questo ordine di grandezza costituisce la "discriminante" tra il livello di fondo a cui siamo esposti praticamente tutti (per il semplice uso della energia elettrica) e i livelli superiori a cui è esposto solo qualcuno per motivi particolari (per esempio, perché risiede nei pressi di un elettrodotto). Perciò di sotto a 0,2 μ T siamo esposti pressoché tutti e non è possibile evidenziare eventuali conseguenze dell'esposizione. Sopra tale valore vi possono invece effettivamente essere differenze tra i vari campioni di popolazione.

Non c'è quindi niente che possa far pensare, che le conseguenze di un'esposizione sopra 0,2 μ T siano più gravi di quelle di un'esposizione inferiore. Quindi quando se parla di soglia di sicurezza si allude al principio di prevenzione e precauzione, che è semplicemente quello di pretendere di non essere esposti più della stragrande maggioranza della popolazione. Solo per gli effetti acuti dei campi elettromagnetici è possibile identificare un valore di soglia sotto al quale gli effetti non occorrono. Nel caso del campo magnetico a 50 Hz, nessun effetto acuto si verifica al di sotto di circa 16 mT (cioè 16000 μ T). In situazioni come questa è possibile definire un limite di sicurezza, adottando un opportuno margine di cautela rispetto alla soglia degli effetti.

¹⁶ Andreuccetti in www.ifac.cnr.it

Invece, per tutte le patologie messe in relazione con l'esposizione cronica ai campi elettromagnetici, vale a dire le leucemie e le altre forme tumorali non esiste un "valore di soglia" e l'unico valore assolutamente sicuro è, a rigore, il valore zero.

Altre ricerche scientifiche invece, compresi molti studi su animali, non hanno riscontrato effetti di lungo periodo delle radiazioni ELF.

I maggiori organismi scientifici nazionali ed internazionali, concordano nel ritenere che, allo stato attuale delle conoscenze, la correlazione tra l'esposizione ai campi elettromagnetici ELF e il cancro siano debole, e non sia dimostrato il relativo nesso di causalità.

Il National Institute of Environmental Health Sciences, (NIEHS, USA) ha valutato i campi ELF solamente come un possibile cancerogeno per l'uomo', basandosi sulle cinque categorie di classificazione usate dalla IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro), mentre ad esempio il benzene è stato identificato come cancerogeno.

2.2.5. Valutazione della IARC

Nel giugno 2001, un gruppo di lavoro della IARC, formato da scienziati esperti nel settore, ha esaminato gli studi relativi alla cancerogenicità dei campi elettrici e magnetici statici ed ELF. Usando la classificazione standardizzata della IARC, che soppesa i dati di studi sull'uomo, sull'animale e di laboratorio, i campi magnetici ELF sono stati classificati come **possibilmente cancerogeni per l'uomo**, sulla base degli studi epidemiologici relativi alla leucemia infantile. Le evidenze scientifiche relative a tutti gli altri tipi di tumori nei bambini e negli adulti, nonché quelle relative ad altri tipi d'esposizione (vale a dire a campi statici ed a campi elettrici ELF) sono stati considerati non classificabili, perché le informazioni scientifiche erano insufficienti o incoerenti.

La classificazione di "Possibilmente cancerogeno per l'uomo" è una classificazione usata per connotare un agente per il quale vi sia una limitata evidenza di cancerogenicità nell'uomo ed un'evidenza meno che sufficiente negli animali da laboratorio.

La classificazione è la più debole tra le tre, "possibilmente cancerogeno per l'uomo", "probabilmente cancerogeno per l'uomo" e "cancerogeno per l'uomo" usate dalla IARC per classificare i potenziali cancerogeni in base all'evidenza scientifica. Sono in seguito riportati alcuni esempi di comuni agenti classificati dall'Agenzia:

Classificazione	Agente
Cancerogeno per l'uomo (normalmente in base ad una forte evidenza di cancerogenicità nell'uomo)	Asbesto Iprite Tabacco Radiazione gamma
Probabilmente cancerogeno per l'uomo (normalmente in base ad una forte evidenza di cancerogenicità negli animali)	Gas di scarico dei motori diesel Lampade solari Radiazione UV Formaldeide
Possibilmente cancerogeno per l'uomo (normalmente in conformità ad un'evidenza nell'uomo che è considerata credibile, ma per la quale non si possono escludere altre cause)	Caffè Gas di scarico dei motori a benzina Fumi di saldatura Campi magnetici ELF

Quadro IV - Classificazione standardizzata della IARC, <http://www.iroecfi.cnr.it>

Ad ogni modo le attività di ricerca stanno proseguendo in tutto il mondo, promosse da governi nazionali e organizzazioni internazionali. L'informazione sulla materia è molta e le diverse entità stanno provando a riuscire ad arrivare ad una conclusione più obiettiva e uniforme anche perché la gran diffidenza che si riscontra nell'opinione pubblica nei confronti delle sorgenti di campo magnetico a 50 Hz nasce soprattutto dal notevole divario che esiste tra le prescrizioni degli standard di sicurezza, che ammettono esposizioni continuative fino a livelli di centinaia di microtesla (ICNIRP e DPCM 23/4/92: 100 μ T, CENELEC ENV 50166-1: 640 μ T) e le risultanze degli studi epidemiologici, da alcuni dei quali emergerebbe una possibile correlazione tra esposizioni croniche anche a bassi livelli (superiori ad una soglia indicativa di circa 0,2 μ T e l'insorgenza di gravi malattie nell'uomo e soprattutto nel bambino.

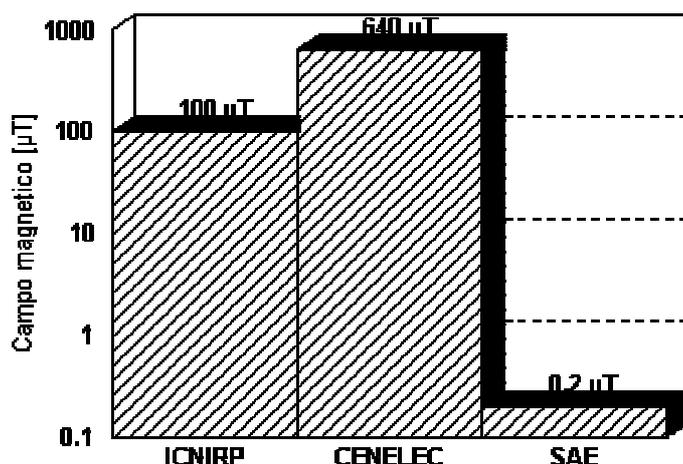


Fig.8 -Valori di Limiti di esposizione ai Campi ELF, Fonte: sito ufficiale del IFAC CNR (Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" del Consiglio Nazionale delle Ricerche, <http://www.IFAC.cnr.it>).

Secondo l'IFAC non è possibile escludere né affermare con certezza che l'esposizione prolungata al campo magnetico a 50 Hz, possa avere gravi conseguenze per la salute umana. Questi problemi sono indagati con tecniche di tipo epidemiologico, grazie alle quali si ha un'idea dei livelli eventualmente responsabili di queste patologie, ma non si è raggiunto un corpo di conoscenze sufficientemente consolidato da poter servire come base per un ripasso degli standard di sicurezza. C'è in ogni caso una buona percezione dell'entità dell'impatto sanitario di questa problematica.

Esistono studi (epidemiologici o su animali, tessuti, colture cellulari) in base ai quali si potrebbe sospettare o ipotizzare l'esistenza d'effetti o patologie riconducibili ad esposizioni prolungate a campi elettromagnetici d'intensità inferiore, o molto inferiore, ai limiti specificati dalle attuali norme di sicurezza. Tuttavia, le più autorevoli organizzazioni ed istituzioni internazionali (Cenelec, ICNIRP, OMS, IEEE) concordano nel ritenere che l'analisi critica complessiva della letteratura scientifica accreditata esistente non fornisca evidenze convincenti a sostegno di questi sospetti e di queste ipotesi e non giustifichi quindi l'adozione di standard di sicurezza più restrittivi di quelli vigenti.

Le posizioni degli enti citati, in ordine cronologico:

Cenelec ENV 50166-1 e 50166-2 (gennaio 1995) tradotto dall'inglese:

Ci sono alcuni studi che affermano che i campi elettromagnetici a basse frequenze possono causare effetti negativi a lungo termini nella salute. In tanto Ricerche recente non hanno stabilito effetti avversi che questi possono causare e i limiti per le esposizioni.¹⁷

Cenelec ENV 50166-1 (gennaio 1995) tradotto dall'inglese:

Alcuni risultati epidemiologici suggeriscono la possibilità d'altri effetti nella salute, includendo effetti cancerogeni, derivati delle esposizioni a livelli più bassi da quelli standard. Dal 1991 a 1994, diversi sguardi retrospettivi su questa questione é stato portato a termine, da diverse agenzie nazionali e internazionali che hanno concluso che non é fino ad ora possibile stabilirle nessun effetto avverso da parte dei campi ELF.¹⁷

ICNIRP (aprile 1998) tradotto dall'Inglese:

L'opinione dell'ICNIRP per quanto riguarda l'esposizione ai campi ELF e la sua relazione con il cancro, principalmente con la leucemia infantile, non è sufficientemente forte, dovute alla mancanza di supporti sperimentali per formulare una base scientifica, di modo a stabilire le linee di guida per quanto riguardano i limiti all'esposizione.¹⁷

OMS Promemoria 183 (maggio 1998):

"Le normative sono basate su una valutazione di quegli effetti biologici le cui conseguenze per la salute siano state dimostrate. L'obiettivo del Progetto Internazionale Campi Elettromagnetici è di stabilire, se gli effetti biologici che sono stati segnalati in relazione all'esposizione a campi a radiofrequenza di bassa intensità, possano avere conseguenze sanitarie. Se tali conseguenze fossero scoperte, ciò potrebbe comportare una revisione dei limiti d'esposizione."¹⁷

¹⁷ <http://www.who.int/emf>

In tutta la cultura radioprotezionistica delle radiazioni ionizzanti e non, è ben radicato il principio precauzionale di evitare le esposizioni inutili e ridurre al "minimo ragionevolmente ottenibile" quell'inevitabile (principio ALARA).

Per concludere, non si può obiettivamente sostenere che i campi elettrici e magnetici ELF costituiscano un fattore di rischio certo in relazione ai tumori; volendo sintetizzare con una frase i risultati degli studi epidemiologici sull'argomento, si può affermare che esiste il sospetto che la residenza nei pressi di (grandi) elettrodotti comporti per i bambini sotto i dodici-quattordici anni un aumento di circa un fattore due della probabilità di contrarre leucemia; vari elementi (risultati controversi tra diverse indagini, possibili fattori confondenti, scarsa potenza e significatività statistica) impediscono di esprimere maggiori certezze; dobbiamo pertanto parlare, in questo caso, di **rischio ipotetico**.¹⁸

L'Organizzazione Mondiale della Sanità raccomanda in ogni caso di seguire per la prevenzione dai possibili effetti di lungo periodo il '**principio cautelativo**', ossia di adottare misure di tutela della popolazione anche in assenza di dati definitivi sulla nocività dei Campi Elettromagnetici. Tali misure, sempre secondo l'OMS, dovrebbero essere semplici, facilmente perseguibili e di basso costo, e per queste ragioni dovrebbero essere adottate in particolare per le nuove installazioni.

L'Italia ha per prima recepito nella normativa questo principio, con una legge nazionale sulle radiofrequenze e una legge regionale (del Veneto) sulle basse frequenze, che adottano misure cautelative per la protezione dai possibili effetti di lungo periodo.

Attualmente con il DPCM 8 luglio 2003 sono stati fissati i limiti d'esposizione e valori d'attenzione, per la protezione della popolazione, dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz), connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. Il provvedimento stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

Prima di abordare più approfonditamente questo tema facciamo una piccola retrospettiva su che cosa consistono normative sui Campi Elettromagnetici.

¹⁸ <http://www.ifac.cnr.it>

2.3. La normativa sui campi elettromagnetici

Su un piano generale, le norme di sicurezza puntano a proteggere i cittadini dal rischio di subire un danno.

Le norme di sicurezza hanno lo scopo di proteggere gli individui dalle conseguenze dell'esposizione agli agenti potenzialmente nocivi, sia l'esposizione legata all'attività lavorativa (professionalmente esposti) sia che ne sia estranea (popolazione civile).

L'approccio ideale per l'individuazione di limiti di sicurezza, consisterebbe nell'applicazione più generale possibile del cosiddetto *principio ALARA* (acronimo per "As Low As Reasonably Achievable"), in base al quale si dovrebbero fissare i limiti al più basso livello ragionevolmente ottenibile.

La normativa nazionale e regionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (elettrodotti) e le alte frequenze (impianti radiotelevisi, stazioni radiobase, ponti radio). In questo studio ci occuperemo di inquadrare la normativa per quanto riguarda le basse frequenze (50 Hz).

In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra effetti acuti ed effetti cronici:

Gli **effetti acuti** (o di breve periodo) sono basati su una soglia, per questo si fissano limiti d'esposizione che garantiscono, con margini cautelativi, la non insorgenza di tali effetti.

Gli **effetti cronici** (o di lungo periodo) sono privi di soglia e di natura probabilistica, l'aumento delle esposizioni aumenta non l'entità, ma la probabilità del danno, per questo si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

E' importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi che seguitamente s'inquadrano:

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo

Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo
-----------------------------	---

Tabella V – Termini utilizzati nella legge vigente (D.P.C.M. 8 Luglio 2003) per quanto riguarda i valori CEM.

Quando si parla di obiettivi di qualità (come il valore di 0.2 μ T della Legge della Regione Veneto sugli elettrodotti) non devono essere considerati come soglie di sicurezza, ma come riferimenti operativi per il conseguimento di obiettivi di tutela da possibili effetti di lungo periodo nell'applicazione del 'principio cautelativo'¹⁹

Si richiamano di seguito i pertinenti riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizione a campi elettromagnetici.

2.3.1. Normative Internazionali

La Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) ha pubblicato delle linee guida sui limiti d'esposizione a tutti i CEM. Le linee guida forniscono un'adeguata protezione contro gli effetti sanitari noti e contro quelli che possono verificarsi quando si tocca un oggetto carico in un campo elettrico esterno. I limiti d'esposizione ai CEM raccomandati in molti paesi sono in larga misura simile a quelli dell'ICNIRP, che è un'organizzazione non governativa formalmente riconosciuta dall'OMS e collaboratrice del Progetto Internazionale CEM.

Le linee guida dell'ICNIRP del 1998 e la raccomandazione emanata dal Consiglio dell'Unione Europea nel 1999 sono le più recenti iniziative a livello internazionale e comunitario. La prima iniziativa è indirizzata alla tutela sia dei lavoratori sia della popolazione, mentre la seconda, che trae spunto sostanzialmente dalle linee guida ICNIRP, è invece rivolta solo alla tutela della popolazione. Entrambe le iniziative suggeriscono un insieme di limiti di base e livelli di riferimento per i campi elettromagnetici, che garantiscono la protezione dagli effetti acuti, e che includono ampi fattori di sicurezza rispetto alle soglie d'insorgenza da questi effetti.

¹⁹ Fava, 2004.

Il 25 giugno 1999 il Consiglio dell'Unione Europea ha emanato una raccomandazione (Council of European Union: Council recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields 0 Hz - 300 GHz. Legislative Act 8550/99, Brussels, tradotta in italiano e pubblicata sulla Gazzetta ufficiale delle Comunità Europee il 30/7/99, rivolta agli stati membri, aderendo alle proposte suggerite dall'ICNIRP dopo un completo riesame della letteratura scientifica, ed una puntuale analisi critica realizzata in collaborazione con l'Organizzazione Mondiale della Sanità. In tale documento, il limite raccomandato per il trasporto e distribuzione dell'energia elettrica, cioè 50 Hz, è di 100 microTesla. ²⁰

2.3.2. Normativa Nazionale

In Italia si è dotata di uno strumento giuridico simile a quello emanato dal ICNIRP, il (D.P.C.M. 23/4/1992) però questo conteneva una grave contraddizione interna tra l'art.4 e l'art.5, la quale stabilisce sia dei limiti ai valori dei campi elettrici e magnetici (rispettivamente 5 kV/m e 100 μ T), sia dei limiti alle distanze di rispetto. Le due limitazioni non sono tuttavia congruenti (le distanze minime imposte sono traducibili in termini di valori di campo magnetico dell'ordine di 3 - 4 μ T. ²¹

Per correggere tali incongruenze è stato emanato successivamente il D.P.C.M. 28/10/1995 che prevede di fare riferimento, nella prima fase di risanamento, solamente ai valori di campo e non alle distanze, con ciò allineandosi sostanzialmente con le indicazioni di tutti gli Enti internazionali.

Per quanto riguarda invece l'insorgenza di possibili effetti a lungo termine, le iniziative suddette sostengono che le attuali conoscenze scientifiche sono insufficienti per confermare l'esistenza o meno di un rischio potenziale e, tanto meno, per formularne una stima oggettiva. precludendo così la possibilità di definire quale debba essere il livello di rischio accettabile per la società. Tuttavia, la presenza d'incertezze scientifiche e le pressanti richieste dell'opinione pubblica hanno fatto sì che in alcuni paesi, inclusa l'Italia, fossero avviate iniziative ispirate all'applicazione di politiche cautelative e mirate a fornire un livello di protezione anche nei confronti dei presunti effetti a lungo termine.

²⁰ Fava, 2004.

²¹ Fava, 2004.

In questa direzione é stato approvato il 22 febbraio 2001, dopo un lungo iter parlamentare, una Legge Quadro (Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. – Legge n°. 36/2001). In applicazione della Legge Quadro in data 8 Luglio 2003 è stato promulgato il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 pubblicato sulla G. U. n°. 200. Fissazione dei limiti d'esposizione, dei valori d'attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione, dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. Esso abroga il D.P.C.M. 23/4/1992 e il D.P.C.M. 28/9/1995, rispetto ai precedenti riduce i valori permessi che in ogni modo sono meno restrittivi rispetto a quelli regionali.²² La normativa completa è riportata in allegato.

²² <http://www.apat.gov.it>

2.4. Inquadramento Teorico dei Sistemi Informativi Geografici

2.4.1. Definizione di GIS

Il GIS è definito come “l’insieme di procedure manuali o computazionali usati per immagazzinare e manipolare dati georeferiti”.²³

“Potente insieme di strumenti per acquisire, immagazzinare, recuperare, trasformare e manipolare i dati sul mondo reale”.²⁴

“Sistema di supporto decisionale che integra i dati riferiti spazialmente ad un ambiente di risposta ai problemi”.²⁵

“Banca di dati ordinati spazialmente, sui quali operano un insieme di procedure di risposta a ricerche sulle entità spaziali”.²⁶

Queste definizioni riflettono la molteplicità degli usi di questa tecnologia e puntano ad una prospettiva multidisciplinare. Da questa definizione è possibile indicare le principali caratteristiche del GIS.

- Inserire e integrare, in un’unica banca di dati, informazione spaziali provenienti da dati cartografici, dati provenienti da censimento, dal catasto urbano e rurale, da immagini da satellite, da reti e modelli numerici del terreno.
- Offre meccanismi che combinano diverse informazioni, tramite algoritmi di manipolazione e analisi, tal come consultare, recuperare, visualizzare e stampare il contenuto della banca di dati georiferite.

I GIS sono strumenti d’elaborazione delle informazioni, che permettono di organizzare e integrare dati diversi e di comprendere i suoi rapporti con lo spazio. Possono essere usati in tutte le attività che richiedono la gestione dell’informazione spaziale diversa. Sono strumenti chiave nella simulazione e previsione degli effetti della trasformazione che devono essere introdotte in un processo di pianificazione, permettendo di prendere le decisioni più adatte.

²³ Aranoff

²⁴ Burrough

²⁵ Cowen

²⁶ Smith

Il presente lavoro vuole esemplificare l'applicazione dei GIS nelle analisi a microscala, e pretende di dimostrare come questi strumenti sono fondamentali per un'efficace pianificazione e ordinamento del territorio.

2.4.2. I Sistemi Informativi Geografici

I Sistemi Informativi Geografici costituiscono importanti strumenti d'organizzazione e d'analisi dell'informazione, essendo utilizzati nelle più diverse applicazioni.

Furono concepite e sviluppate in modo da proporzionare agli utenti l'integrazione delle informazioni georeferite in un sistema informatico, permettendo tramite strumenti d'analisi di generare nuove informazioni in funzione delle specifiche necessità dell'utente.

I GIS, sono strumenti fondamentali per la gestione delle risorse naturali e dell'ordinamento del territorio, permettendo di disporre in qualsiasi momento di un insieme integrato di dati multi-settoriali di differente origine, facilmente aggiornati e relazionati tra loro, tramite un punto di contatto in comune, che è lo stesso spazio geografico.²⁷

Come altri sistemi o tecnologie d'informazione, sono usati per supportare processi decisionali. Offrono ai decisori un ambiente integrato di diversa informazione suscettibile di essere localizzata nello spazio. Questioni come, dove sono? Qual è la distribuzione? Che cosa è Cambiata? Qual è la migliore via? Che cosa succederebbe se? Possono essere risposte tramite l'utilizzazione di un GIS.

Oltre a facilitare l'accesso all'informazione multipla e integrata in unica banca di dati, dando la possibilità d'elaborazione di diversi scenari alternativi e la simulazione dei suoi effetti spaziali, permette una migliore e più corretta definizione delle misure di pianificazione che devono essere applicate. Per questo motivo, i GIS costituiscono strumenti potenti d'appoggio ai sistemi decisionali a diversi livelli.

Il termine GIS è qui applicato per sistemi che usano il trattamento computazionale di dati geografici. Un GIS immagazzina la geometria e gli attributi dei dati che sono georiferiti, vale a dire localizzati sulla superficie terrestre secondo un sistema di georiferimento. I dati trattati in geoprocessamento hanno come principale caratteristica la diversità delle fonti che lo hanno generato e le diverse forme che possono acquisire.

La raccolta della geometria delle entità geografiche e dei suoi attributi, rappresenta una necessità basilica per un GIS. Per ogni entità geografica, i GIS richiedono di raccogliere

²⁷ Burrough, 1986

i suoi attributi e le diverse rappresentazioni grafiche a sè associate. Dovuto a un'ampia gamma d'applicazioni, che includono temi come la geofisica, agricoltura, foresta, cartografia e catasto urbano e delle reti di concessionarie (acqua, energia e telefonia).

Ci sono diverse forme d'utilizzazione di un Gis, sia come strumento di produzione di mappe, cartografia, per supporto alle analisi spaziali dei fenomeni e come banca dati geografica, con funzioni di raccolta e recupero d'informazioni spaziali.

Queste forme d'utilizzo dei GIS sono convergenti e conflittuali e quindi riflettono l'importanza relativa del trattamento dell'informazione geografica nello sviluppo dei progetti dentro un'istituzione.

2.4.2.1. La Struttura Generale di un GIS

In una visione complessiva, si può indicare che un Gis é sostituito dai seguenti elementi:

- a) Interfaccia con l'utente.
- b) entrata e integrazione dei dati.
- c) funzione d'elaborazione degli oggetti e delle immagini.
- d) visualizzazione e stampa.
- e) immagazzinamento e recupero dei dati organizzati sulla forma di una banca dati geografica.

Questi elementi si espongono in modo gerarchico. Al livello più prossimo dell'utente, l'interfaccia Uomo-Macchina definisce come il sistema è operato e controllato. A livello intermedio, un GIS deve avere meccanismi d'elaborazione dei dati spaziali (entrata, edizione, visualizzazione e uscita). A livello più interno del sistema, si trova un sistema di gestione delle banche dati geografiche che offrono una raccolta e recupero dei dati spaziali e dei loro attributi.

La figura 9, indica il rapporto dei principali elementi o subsistemi di un GIS. Ogni sistema, in funzione dei suoi obiettivi e richieste, implementa elementi di forma diversa, però tutti i sub-sistemi citati, di un modo o d'altro, appaiono in un GIS.

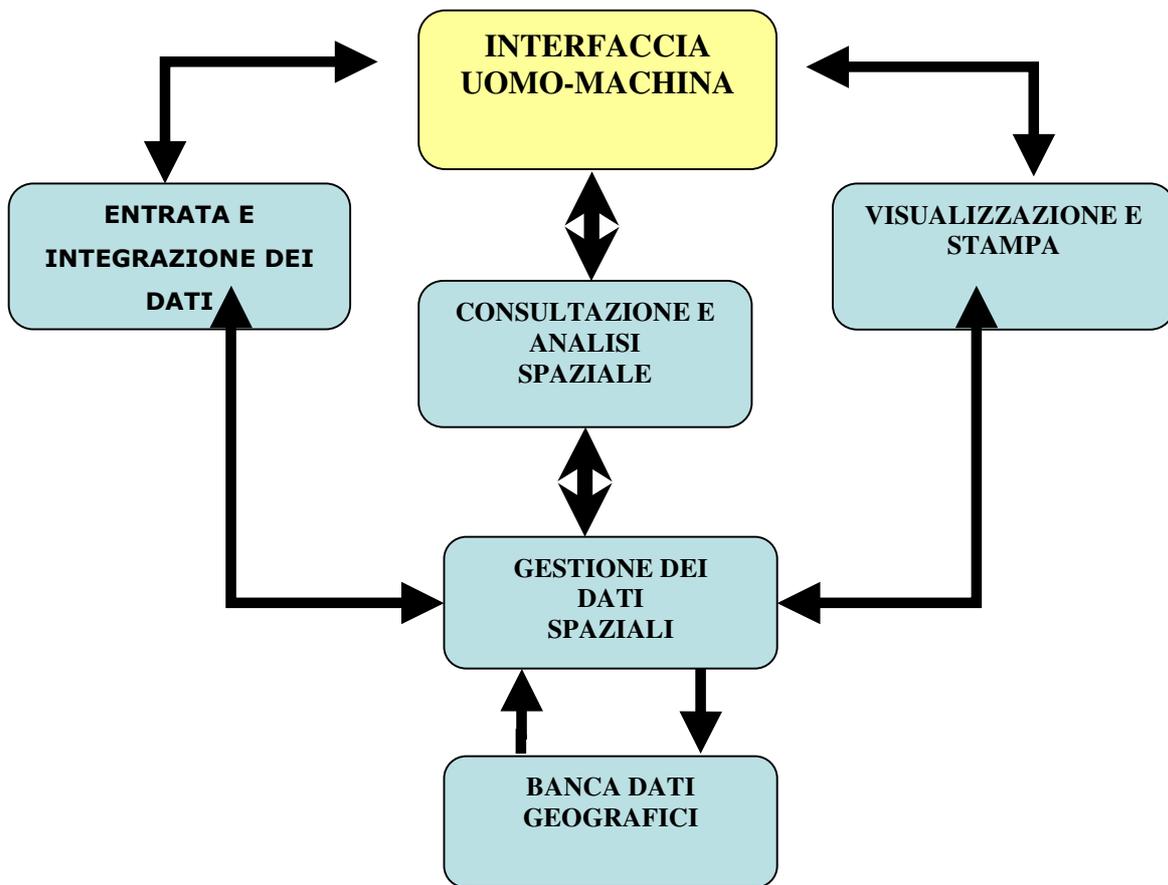


Fig.9 - Architettura di un Sistema Informativo Geografico.

2.5. Organizzazione dell'Ambiente di Lavoro in un GIS

In un GIS esistono due forme d'organizzazione dei dati, una basata in una banca dati geografici e un'altra organizzazione basata sui progetti. Nel primo caso, l'utente definisce inizialmente lo schema concettuale associato alla banca dati geografica, indicando per ogni tipo di dati i suoi attributi non spaziali e le loro rappresentazioni geometriche associate. Si procede in modo simile in una banca di dati tradizionale (come il Dbase, Access, od Oracle), dove la definizione della struttura della banca dati precede l'inserimento dei dati. Per esempi il MGE dell'Intergraph (O MGE é un *software* che permette acquisire, immagazzinare, accedere, analizzare e visualizzare dati spaziali, funzionando come un sistema di gestione di banca dati spaziali. Fornisce un insieme di strumenti per l'integrazione dell'informazione spaziale e alfanumerica in un solo sistema funzionando in un ambiente integrato con il Microstation95). Questo è un esempio di un sistema organizzato nella modellazione della banca dati, prima dell'introduzione dei dati geografici. L'altro caso é quando l'utente definisce inizialmente un riferimento geografico, che delimita una regione di lavoro, e solo dopo definisce l'entità geografica che compone il progetto, come ad esempio l'ARC/INFO, dell'ESRI.

3. Materiali e Metodi

Nei Sistemi d'informazione Geografica i dati sono immagazzinati in strati d'informazione, dove ogni strato corrisponde ad un layer, permettendo la manipolazione isolata o tramite operazioni d'analisi spaziale, stabilendo relazioni fra dati di diversa natura.

La scelta dell'area in analisi rispetta alcuni criteri in modo che lo studio possa avere alcun'utilità e validità. Quindi è stata scelta una zona urbanistica del Municipio XII di Roma abbastanza densa e dove sono presenti due scuole, un'elementare e un'altra materna. Quest'area per la presenza di queste due scuole può essere più sensibile all'azione dell'impatto degli impianti elettrici di bassa frequenza, sapendo a priori che i bambini sono più sensibili a questo tipo di radiazione.

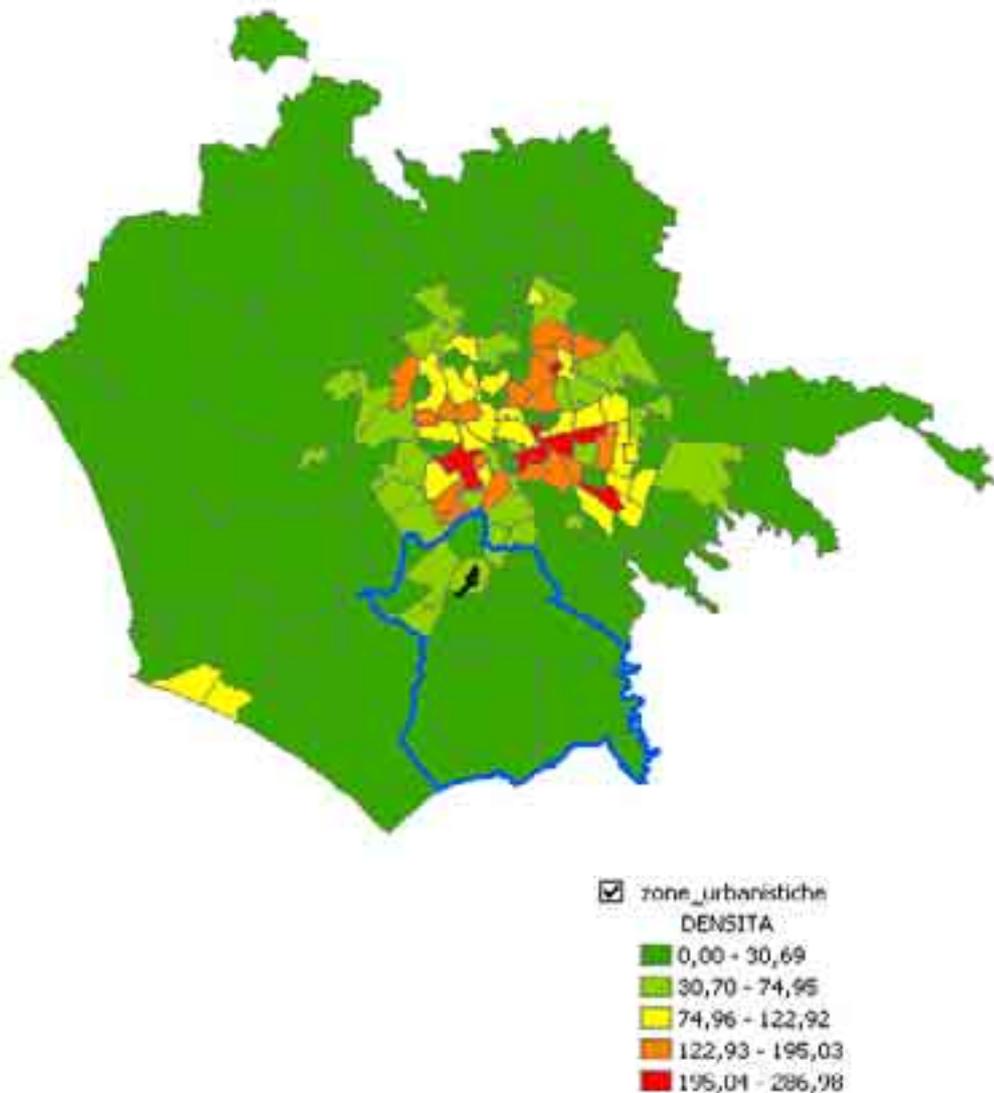


Fig.10 – Densità delle Zone Urbanistiche del Comune di Roma.

Per esaminare l'impatto della rete elettrica ad Alta Tensione su parte del territorio comunale, si è fatto riferimento alla Carta Tecnica Regionale 374140 in possesso dell'APAT in formato raster 1:10000 e alla Ortofoto 374140 in formato raster a colori alla scala 1:10.000 fornite dalla stessa Agenzia. In questa cartografia si possono identificare le linee elettriche in analisi ed i rispettivi sostegni. La sua definizione non era adeguata per questo tipo di studio, perché lo stesso esige un grado di definizione molto accurato e quindi si è preferito andare in campo e prelevare i tralicci con l'ausilio di un GPS portatile e un palmare usando la seguente procedura:

3.1. Utilizzazione del GPS nella georeferenziazione dei tralicci

Per ottenere le coordinate dei punti nel terreno di forma remota, si usa la tecnica del GPS (Global Position System). Questa tecnica, inizialmente d'uso militare e oggi usata anche per uso civile (con restrizioni), consiste nell'elaborazione recepita e registrata dei segnali dei sei satelliti specifici. Questi segnali sono elaborati in combinazione con determinati parametri, in modo da calcolare le coordinate di un punto nel terreno. Esistono più di venti satelliti in orbita della denominata costellazione NAVSTAR-GPS. Questi satelliti sono in orbita ad un'altitudine di 21.000 Km in sei piani orbitali.

Nel GPS, le coordinate posizionali del satellite possono essere calcolate con relativa precisione tenendo conto del tipo d'apparecchio utilizzato, il tempo di rilevamento e il numero di satelliti operazionali. La distanza tra i satelliti e il punto sconosciuto nel terreno è calcolato tramite il tempo che un segnale emesso dal satellite leva per attingere il recettore a terra. Per la determinazione di questo tempo, sono usati orologi atomici (satellite e recettore) che ritardano un secondo ogni 30.000 anni. Sono necessarie un minimo di tre satelliti in contatto con il recettore, un tempo di rilevamento relativo e determinate correzioni in un post elaborazione, per ottenere le coordinate di un punto con una precisione cartografica.²⁸

Il tempo è alla base della tecnologia GPS, perché le distanze sono misurate alla velocità della luce. Ogni satellite GPS contiene quattro orologi atomici che usa per cronometrare le trasmissioni radio in pochi nanosecondi. La cosa affascinante è che con solo poche linee di codice questi orologi atomici possono essere usati per cronometrare un orologio di un computer con millesimi di secondo d'accuratezza.²⁹

²⁸ Longley, 2001

²⁹ <http://www.ddj.com>

Il dispositivo di GPS calcola la posizione usando la tecnica chiamata “3D multilateration” che consiste nel processo che determina dove diverse sfere sono intersecate. Nel caso del GPS, ogni sfera ha un satellite al centro, il raggio della sfera è la distanza calcolata dal satellite al dispositivo di GPS. Idealmente queste sfere intersecheranno esattamente un punto, facendo sì che esista una sola soluzione possibile per la localizzazione del punto in questione. Nella realtà, l’intersezione forma più di una possibile area dove si trova il punto. La figura seguente fa vedere l’area creata da tre satelliti. La posizione attuale potrebbe essere dentro l’area grigia in qualunque posizione. La precisione si dice così, diluita (DOP). Il monitoraggio e il controllo della diluizione della precisione è la chiave per tracciare punti con elevata precisione.

Il DOP è riportato in tre tipi di misura:

- Orizzontale (HDOP)
- Verticale (VDOP)
- Punto intermedio o media (PDOP)

Il punto intermedio, conosciuto come posizione DOP è il PDOP che dà una valutazione globale della precisione della latitudine, longitudine e altitudine. Ogni valore di PDOP è riportato con un numero che va da 50 a 1, dove 50 rappresenta una precisione molto povera e 1 rappresenta la accuratezza ideale.

DOP	Valutazioni	Descrizioni
1	Ideale	Livello più alto di fiducia da essere usato nelle applicazioni che hanno bisogno sempre della precisione più elevata.
2-3	Eccellente	A questo livello di fiducia, la posizione misurata è considerata accurata in modo sufficiente per la maggior parte delle applicazioni.
4-6	Buono	Rappresenta il livello minimo per determinate applicazioni commerciali. Misure posizionali possono essere usate per fare credibile il suggerimento di navigazioni all’utente.
7-8	Moderato	Misure di posizionamento possono essere calcolate, pero la qualità può essere migliorata. Una migliore visione del cielo è raccomandata
9-20	Discreto	Rappresenta un livello di fiducia basso. Misure di posizionamento devono essere scartate o usate solo per offrire una povera stima della posizione attuale.
21-50	Scarso	A questo livello i dati d’accuratezza sono sbagliati più di un mezzo campo di calcio e devono essere scartati

Tabella VI – Interpretazione dei valori di diluizione della precisione del GPS.

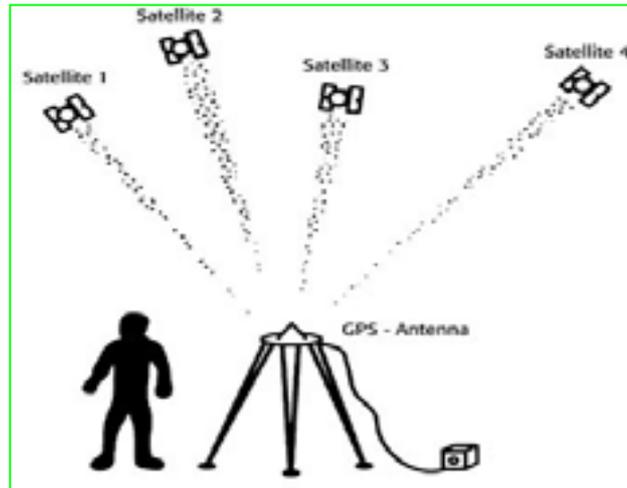


Fig.11 – Principi Basici del Posizionamento con il GPS.

Il GPS é stato lo strumento usato, insieme al Palmare, per i rilevamenti delle coordinate al suolo dei tralicci delle linee elettriche analizzate in questo studio.

Per quest'operazione sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

- 1- La carta tecnica Regionale dell'area 374100 in formato analogico
- 2- Pocket PC
- 3- GPS
- 4- Camera fotografica Digitale

Per i rilevamenti dei sostegni è stato usato un palmare, al quale si è installato il software GIS ArcPad 6.0.3. Questo software ha dato un contributo fondamentale per il lavoro di campo. Di seguito si esegue la procedura utilizzata per il prelevamento dei tralicci.

Acceso il GPS e il Palmare si attiva la connessione bluetooth e si avvia il programma ArcPad 6.0.3 dell'ESRI. Aperta la finestra del programma, è caricato il progetto nel comando *recent maps*. In questo progetto sono state introdotte alcune shape file che in campo ci aiuteranno per una più precisa localizzazione dei punti. Sono state caricate le seguenti shape file:

- Foto aerea dell' area (374100),
- CTR 37400,
- Edifici.shp
- Strade.shp

Una volta caricata le shapes si attende la ricezione del segnale del GPS.



Fig.12 e 13 – Finestre dell’ArcPad nel caricamento del progetto e delle shapes che si vuole visualizzare. (obs. Le immagini corrispondono a una dimostrazione), ArcPad 6.0.3.

Quando il segnale è stato accolto, appare nella finestra dell’ArcPad un cerchio con una croce rossa, che fa vedere l’attuale posizione nel terreno. Scelto il sistema di coordinate nel quale si vuole prendere i punti, si prelevano le coordinate dei tralicci.

La procedura è stata la seguente:

- 1 ° Il GPS é collocato nel traliccio in modo da avere il segnale più pulito.
- 2 ° Accertamento dei valori entro la soglia accettabile di PDOP e di tutti gli altri fattori.
- 3 ° Guardando l’ortofoto si ha la possibilità di avere altre fonti d’informazione disponibile, in modo da confermare la localizzazione del punto. Dopo la conferma si procede all’inserimento del primo punto, corrispondente al primo traliccio. Una volta acquisito il punto si apre la finestra delle proprietà del layer “tralicci” e si procede all’inserimento degli attributi quali il nome della linea, la data di acquisizione, la società che gestisce la linea e il valore di PDOP.

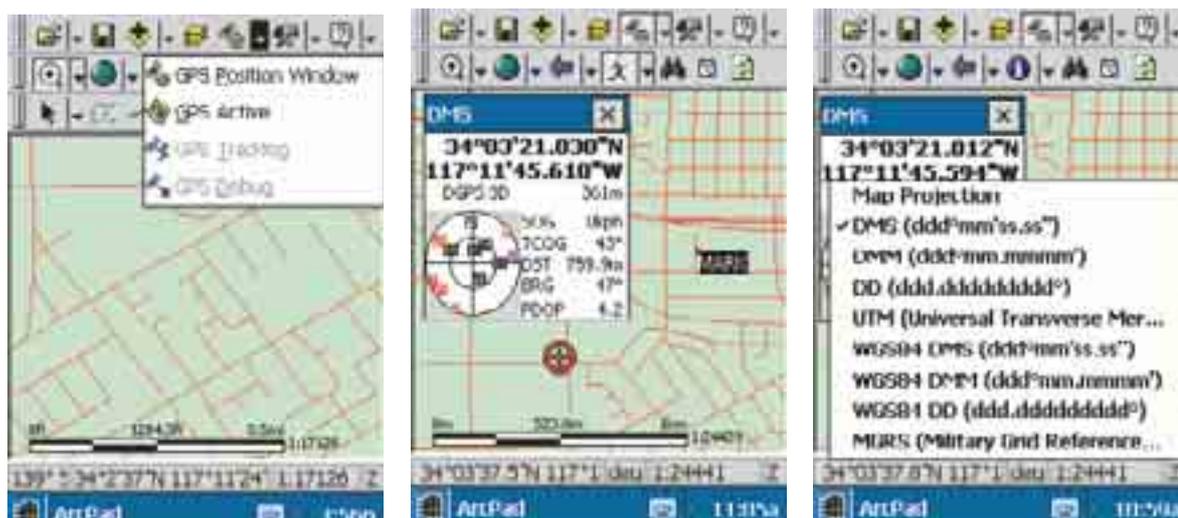


Fig.14 , 15 e 16 – Figura 14, attivazione del GPS, Figura 15 finestra DMS e segnalazione del punto nel terreno, per ultimo i sistemi di coordinate disponibile.

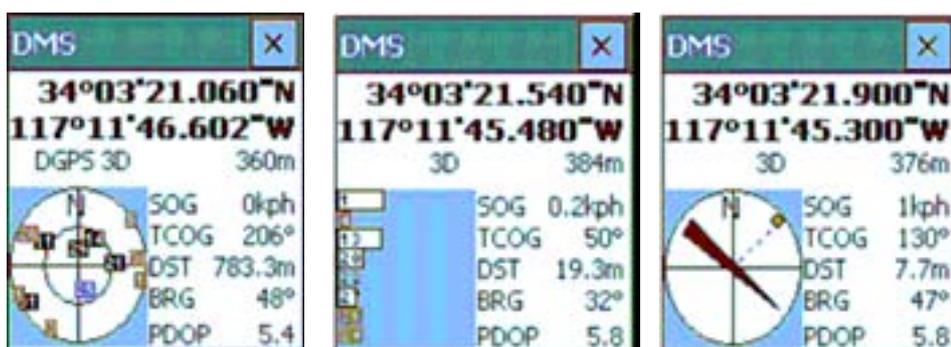


fig. 17

fig.18

fig. 19

Fig.17,18 e 19 - La figura 17 mostra la finestra del posizionamento del GPS, e il numero di satelliti disponibili. I satelliti in nero, sono quelli disponibili per l'uso e il calcolo della posizione, quelli in blue sono disponibili anche se non sono usati per il calcolo della posizione, quelle in rosso non sono disponibili. Cliccando sopra questa finestra ci appaiono altre due. La prima é dimostrata della figura 18. La figura 19 ci fa vedere un grafico di barra che dimostra la forza relativa del segnale del gps.

Selezionata la finestra che permette l'inserimento dell'oggetto puntuale si procede alla digitalizzazione dei punti prelevati. Prelevato il punto si procede all'inserimento degli attributi, riportati nella seguente tabella:

60k	GPS	2,0059	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	1	290346,9415	4632464,529
60k	GPS	2.7	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	2	290361,5202	4632448,857
60k	GPS	2.3	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	3	290273,0311	4632415,443
60k	GPS	2.1	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	4	290288,2586	4632394,828
60k	GPS	1.7	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	5	290237,588	4632172,551
60k	GPS	1.7	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	6	290257,0177	4632164,969
60k	GPS	1.7	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	7	290219,303	4631972,448
60k	GPS	2.3	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	8	290209,1294	4631950,066
60k	GPS	2.3	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	9	289994,5215	4631935,861
60k	GPS	1.7	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	10	289764,2526	4631666,754
60k	GPS	2.3	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	11	289733,8283	4631635,896
60k	GPS	2.3	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	12	289874,296	4631511,592
60k	GPS	1.7	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	13	290009,2181	4631390,875
60k	GPS	1.7	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	14	290091,0009	4631289,649
60k	GPS	2.1	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	15	290296,4906	4631363,77
60k	GPS	1.7	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	16	290311,5405	4631603,187
60k	GPS	2.1	No Correction	acea-roma	UTM Zone 33N	WGS84	17	290320,7168	4631770,446
Media		2,00588							

Tabella VII – Attributi dei sostegni prelevati.

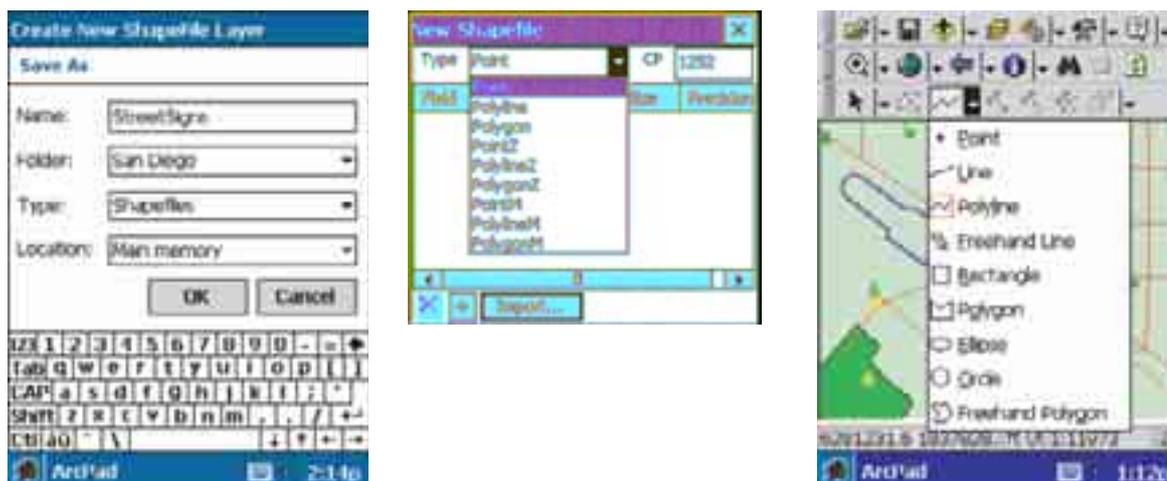


Fig.20 - Processo di creazione di una shapefile, ArcPad.

Quest'operazione permette di aggiornare ed integrare la cartografia, identificando la posizione georeferenziata dei tralicci e quindi la lunghezza e la posizione d'ogni singola campata in modo da modellare le campate di ciascuna linea. Per il calcolo dei livelli di campo magnetico prodotto, si fa riferimento alla tensione nominale e alle correnti massime di funzionamento normale dei vari elettrodotti come determinato dalle leggi regionali e nazionale oggi in vigore.

Tale operazione, che ha richiesto un notevole sforzo, ha consentito di ottenere una cartografia dell'area aggiornata e specifica di tutte le due linee elettriche in analisi. In

prima analisi l'attività d'integrazione dei dati concernenti gli elettrodotti e del loro impatto è stata svolta in ambiente GIS, ricorrendo al software ArcMap Editor 9 che permette di creare, questionare e visualizzare le mappe.

3.2. La realizzazione del progetto ArcMap 9 Editor

Le moderne tecnologie informatiche rendono oggi possibile una stretta integrazione tra gis e modelli matematici ³⁰ che, con risorse limitate, consentono di creare un modello spaziale che descrive un'entità territoriale ed è un supporto elastico e maneggevole per sostenere le decisioni dei pianificatori del territorio, senza richiedere specifiche conoscenze riguardanti gli aspetti realizzativi. ³⁰

Tuttavia il territorio è un sistema molto dinamico e quindi il GIS va aggiornato continuamente, ciò richiede che la legislazione e le competenze delle autorità siano definitivamente chiare, e che i relativi meccanismi d'autorizzazione vadano completamente a regime.

La realizzazione di un progetto ArcMap 9 prevede l'associazione di due tipi di dati:

1 - Dati alfanumerici, costituiti da testo e numeri, che descrivono le caratteristiche e la tipologia degli oggetti; i dati alfanumerici sono organizzati in banche dati informatizzati, disponibili in tabelle e devono essere direttamente associabili agli oggetti grafici che costituiscono i dati cartografici.

2 - Dati cartografici, costituiti da punti, linee ed aree, rappresentano gli elementi del territorio che possono essere elettrodotti, edifici, strade, acquedotti ecc... e la cui posizione geografica devono essere georeferiti, ossia devono essere definiti dalle loro coordinate geografiche.

Un progetto ArcMap 9 è costituito da più sezioni ciascuna delle quali può contenere diversi elementi tra cui:

La sezione *data frame* che contiene il map document del progetto, vale a dire le mappe interattive che consentono di visualizzare, esplorare, interrogare e analizzare i dati geografici. Un Map Document è composto di strati d'informazioni geografiche; ciascuno strato, chiamato *layer*, è una raccolta d'elementi geografici affini (strade, edifici, elettrodotti) che possono essere visualizzati nell'ordine di priorità più opportune. Ciascun layer è gestito da ArcMap 9 Editor mediante dei files (uno per ogni tema) denominati *shape files* o layers.

Per questo primo progetto, sono state realizzate tre "Map Document" distinte, che contengono i dati rilevanti della caratterizzazione dell'impatto ambientale degli impianti elettrici a Bassa frequenza nell'abitazione in prossimità delle linee d'alta tensione. Questa

³⁰ Carver,1991; Wallin, 1992 in Bellorini et al 1998

procedura dà la possibilità di manipolare isolatamente i dati e così facilitare le operazioni d'analisi spaziale.

Sono state elaborate quattro Map Documents distinti, per una migliore comprensione e manipolazione dei dati, in modo da capire le procedure usate per arrivare al progetto finale.

- 1- Georeferenziazione dei tralicci
- 2- Digitalizzazione degli edifici
- 3- Creazione del TIN
- 4- Creazione di Buffer d'Influenza seconda la Normativa Vigente.

Ogni map document elaborato corrisponde ai processi d'elaborazione per ordine cronologico del progetto che si sovrappone nel Map Document finale.

Il primo Map Document consiste nella georeferenziazione dei tralicci che sostengono le linee elettriche. I dati prelevati con i GPS sono stati introdotti nell'ArcMap 9 con il formato shape file, tramite il data Management toolbox sono state esportati questi punti, tendendo in considerazione i diversi aspetti come il sistema di riferimento usato.

Con il comando di data management toolbox é stato inserito un file dbf con le coordinate di longitudine e latitudine dei sostegni per avere gli oggetti georeferiti su un data frame, in modo da confermare la sua localizzazione con la fotografia aerea e la CTR della stessa area. Di seguito si dimostra la procedura usata in questo processo:

Caricamento del file tralicci17.DBF, dal **Menu Tools**, selezionare l'opzione **Add XY data**. Nella sottofinestra *Spatial References of Input Coordinates*, mediante l'opzione di edit, si apre la finestra **Proprietà di Spatial Reference**. Pulsando *select* si apre una cartella, con già predefiniti i Sistemi di Coordinate Proiettati. Il sistema scelto è stato quello con il quale si sono prelevati i tralicci, ossia, in U.T.M. WGS84, fuso 33 (fig. 21). Una volta che i punti hanno acquisito il sistema di riferimento giusto, il passo successivo è quello di trasformare la tabella dbf in uno shapefile. Quest'operazione si realizza tramite la l'opzione *Data, Export Data* dal layer "traliccio 17".

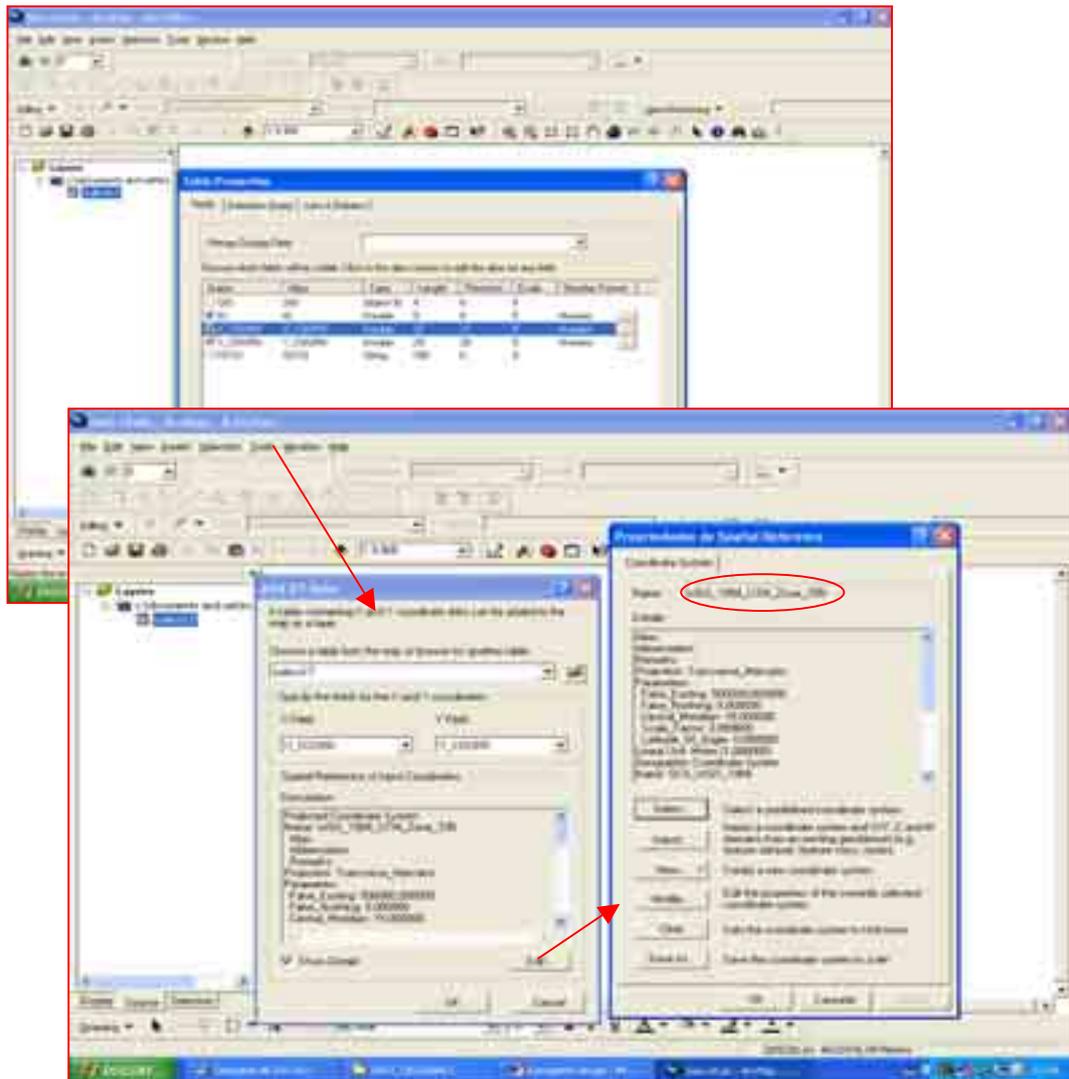


Fig.21 – Operazioni di Georeferenziazione, ArcMap 9.

Dopodiché è necessario avere due shape file distinti, visto che in analisi ci sono due linee elettriche diverse:

- Laurentina_Vitina.Shp
- Laurentina_Croman.Shp

Per quest'operazione sono usate le operazioni di selezione d'entità ed esportazione di dati in formato shape file.

Dal **Toolbar** è selezionato il comando *select features*, in modo da selezionare gli oggetti che costituiscono il layer Laurentina_Vitina. Dopo le selezioni di tutte entità geografiche si procede all'esportazione dei tralicci selezionati. La stessa procedura è stata realizzata per le entità geografiche che costituiscono la Linea Laurentina_C.Romano (fig. 22).

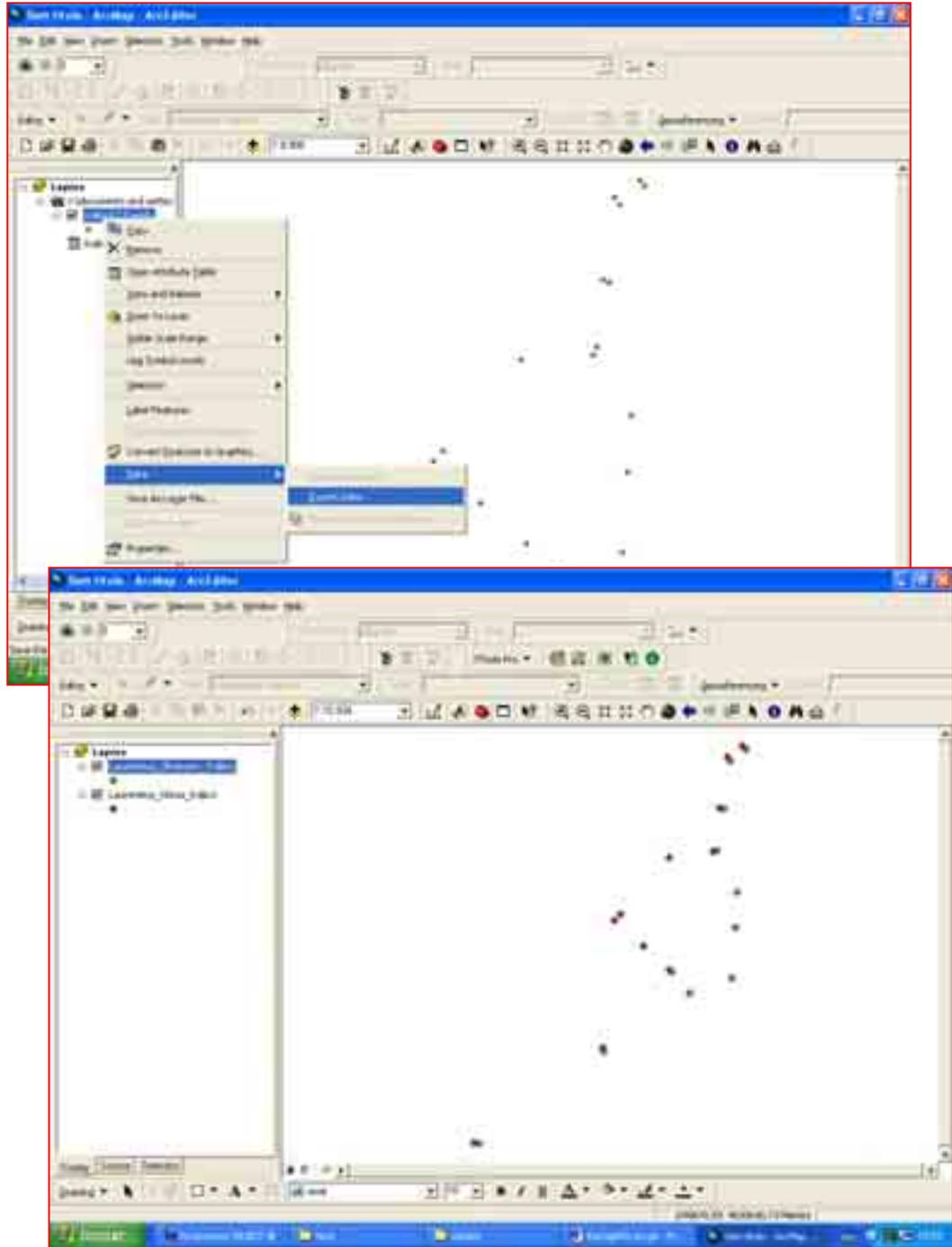


Fig.22 – Operazioni di Selezione e Esportazione di dati, ArcMap 9.

Ogni sostegno ha tre conduttori più un Fune di Guardia (fig. 23 e 24). Ogni conduttore sta sospeso tra due tralicci ed ha una curvatura specifica, la curvatura non sarà presa in considerazione vista la mancanza di dati. Al posto di avere una sola linea per tratto dobbiamo avere tre linee. Il Fune di Guardia di solito non è rappresentato, perché non è fondamentale nel calcolo del campo Magnetico. Per eseguire quest'operazione è stato necessario scaricare un'estensione dell'ArcGIS, il Xtools Pro, che permette la conversione di punti in una polilinea. Le altre due linee sono state generate dalla linea primitiva, una a destra e un'altra a sinistra di questa, mediante le operazioni d'analisi di Buffering.

Visto che il buffer è rappresentato da uno poligono, per avere le linee, dobbiamo modificare l'area di buffer, con la estensione del ArcGis Xtools Pro tramite un processo di conversione di un poligono in una polilinea a cui segue un processo di editing che permette di modificare la polilinea. I passi sono stati i seguenti:

Dal Toolbar, **Xtool Pro**, *Feature Conversion*, opzione *Make on Polyline from Points*. A questo punto si apre una finestra dove inseriamo il percorso dell'input feature layer e il percorso dell'output storage (dove si vuole collocare la nova shape). Una volta ordinati l'ID dei tralicci per l'ordine di direzione della linea, si seleziona l'opzione *use input features order*, che permette che la linea elettrica segua l'ordinamento direzionale giusto, fig.22).

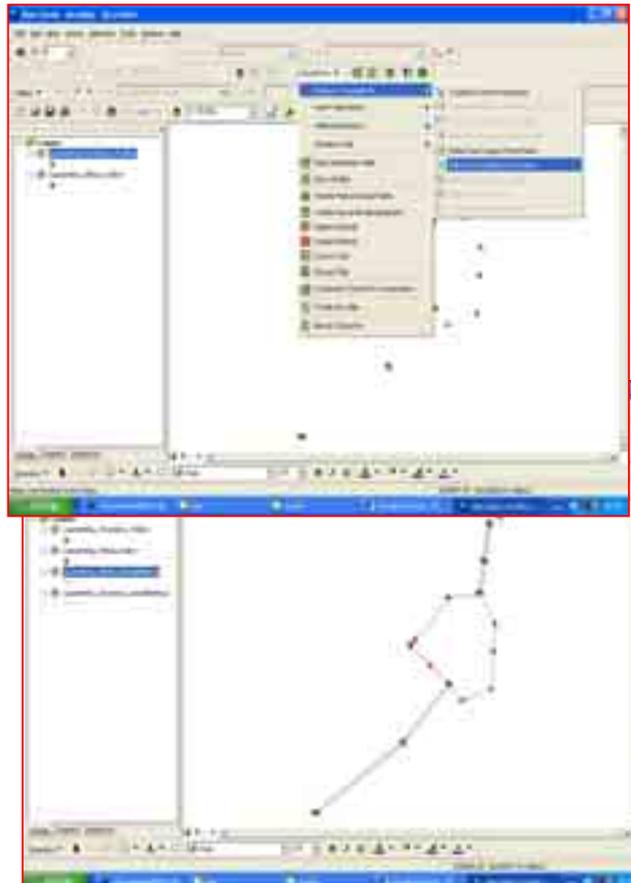


Fig.22 – Estensione Xtools Pro, ArcMap 9.

Il processo di buffering crea nuovi oggetti intorno ad uno già esistente, questi possono essere poligoni, punti e linee. La distanza usata per tracciare gli altri due oggetti lineari é stata di 2, 6 metri, che é la distanza dalla linea al conduttore (questo è un valore mediano che non é stato misurato, vista la mancanza di strumenti di misurazione, quindi é stata adottata una misura standard per questa tipologia di sostegno). Un Buffer lavora in uno spazio euclideo e usa un algoritmo bidimensionale. Il buffer sarà uguale indipendentemente del sistema di coordinate usato, e quindi non rappresenta la curvatura o la forma della terra.



Fig.23 e 24 – Esempio della Geometria di un sostegno a pino – 1, 2 ,3 conduttori delle fase 1 fase A, 2 fase B, 3 fase C. Il 4 é il fune di guardia.

Processo di Geoprocessing - Buffering – Dal Menu Toolbars (se questo menu non é attivo, basta attivarlo dal **Menu Tools**, opzione *customize comand* e riportare l'ícona sulla finestra dei comandi), si seleziona l'icona Buffer Wizard, o dall'**Arctoolbox**, *Analysis Tools, Proximity, Buffer*, (fig. 25)

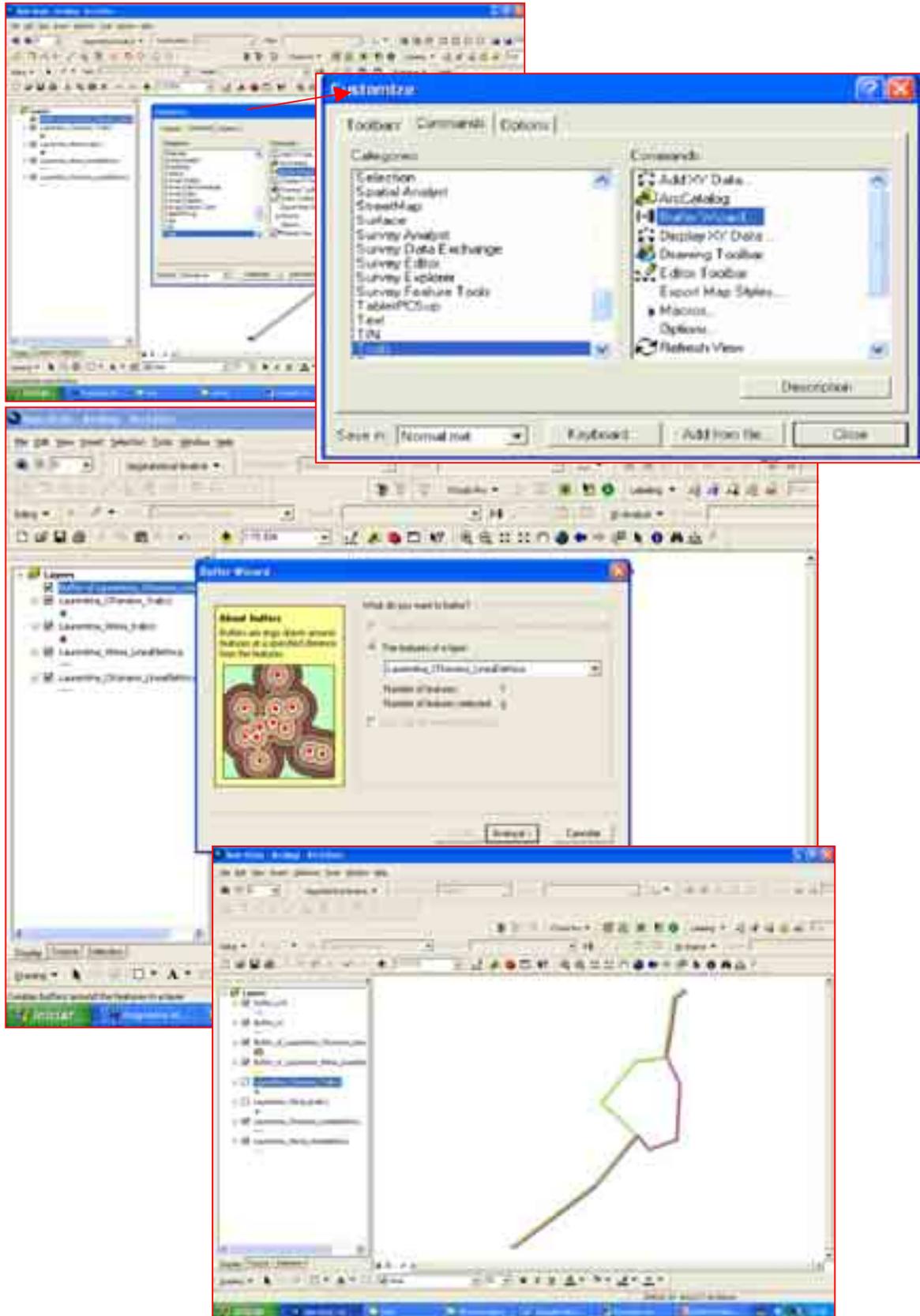


Fig.25 – Processo di Buffering, ArcMap 9.

Dopo l'operazione di buffering si trova un'area d'influenza (buffer zone) che corrisponde ad un'area circondante, con una distanza costante (2, 6 metri) dell'entità geografica. Per fare sì che questa area sia gestita dal programma come tre linee diverse, si usa l'estensione XTOOLS PRO. Quest'estensione permette la conversione del poligono (buffer zone) in una polilinea che successivamente potrà essere gestita in modo da trasformarla in tre linee distinte.

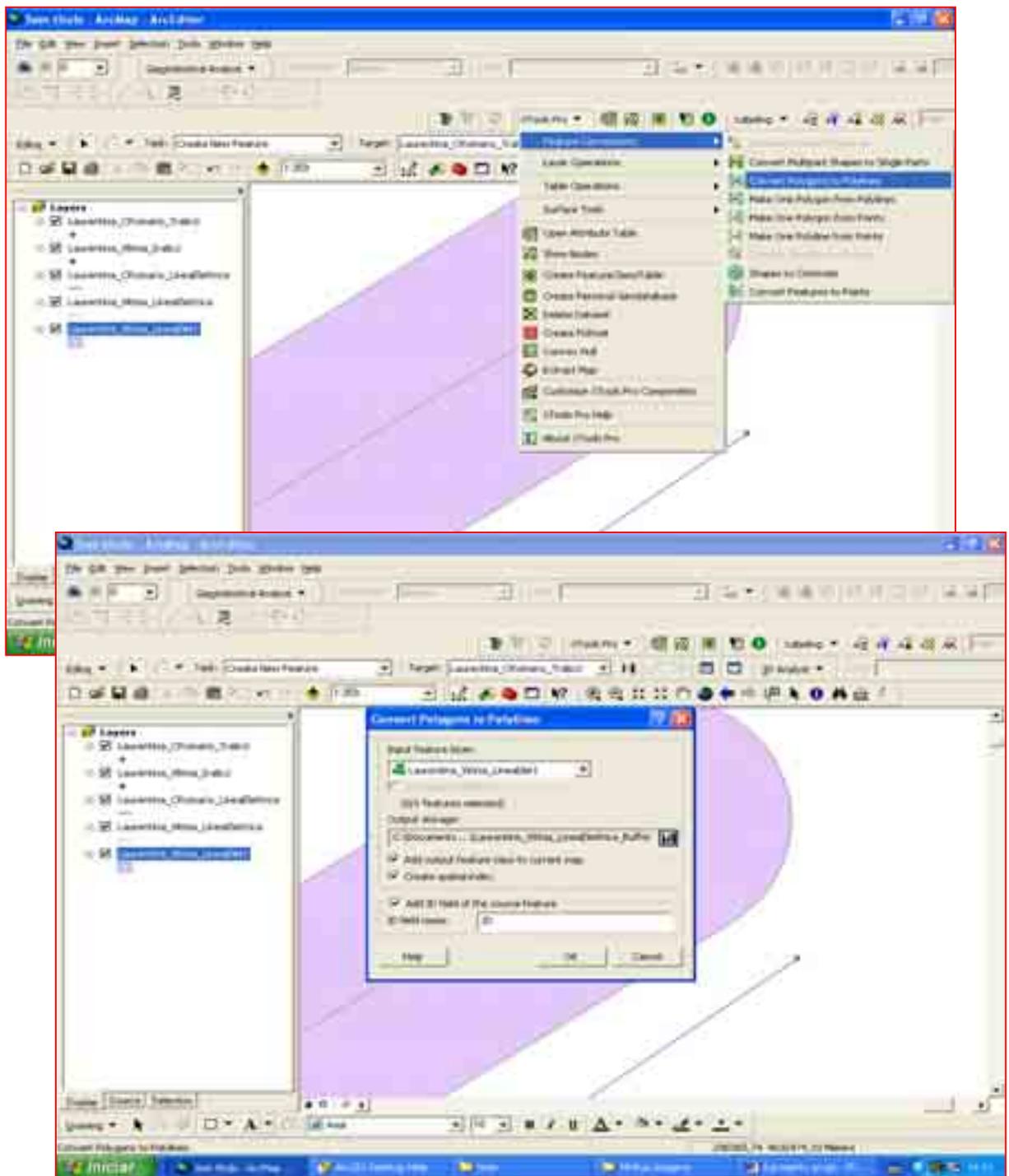


Fig.26 – Conversione di Poligoni in polilinee, ArcMap 9.

Per la trasformazione della polilinea in tre linee diverse e parallele si usa il comando di EDITING dell'ArcMap. Con l'opzione di editing degli oggetti si rendono disponibili diversi strumenti per l'editing degli oggetti, come il edit tool e il sketch tool. Questi strumenti permettono di spezzare una linea in uno specifico vertice, scelto dall'utente e successivamente di spostare la linea e di effettuare diversi tipi di trasformazione dell'oggetto tenendo conto sempre della politica dello split che ci dice di controllare il comportamento degli attributi dell'oggetto quando è spezzato. La procedura usata è stata la seguente: dal Menu Star Editing e si clicca sulle icone *Edit Tool*, selezionata la linea che si vuole spezzare si seleziona la possibilità di *Split* (fig. 26) nel vertice della linea che si vuole spezzare. Questa procedura si realizza per tutte e due le linee (fig. 26 e 27).

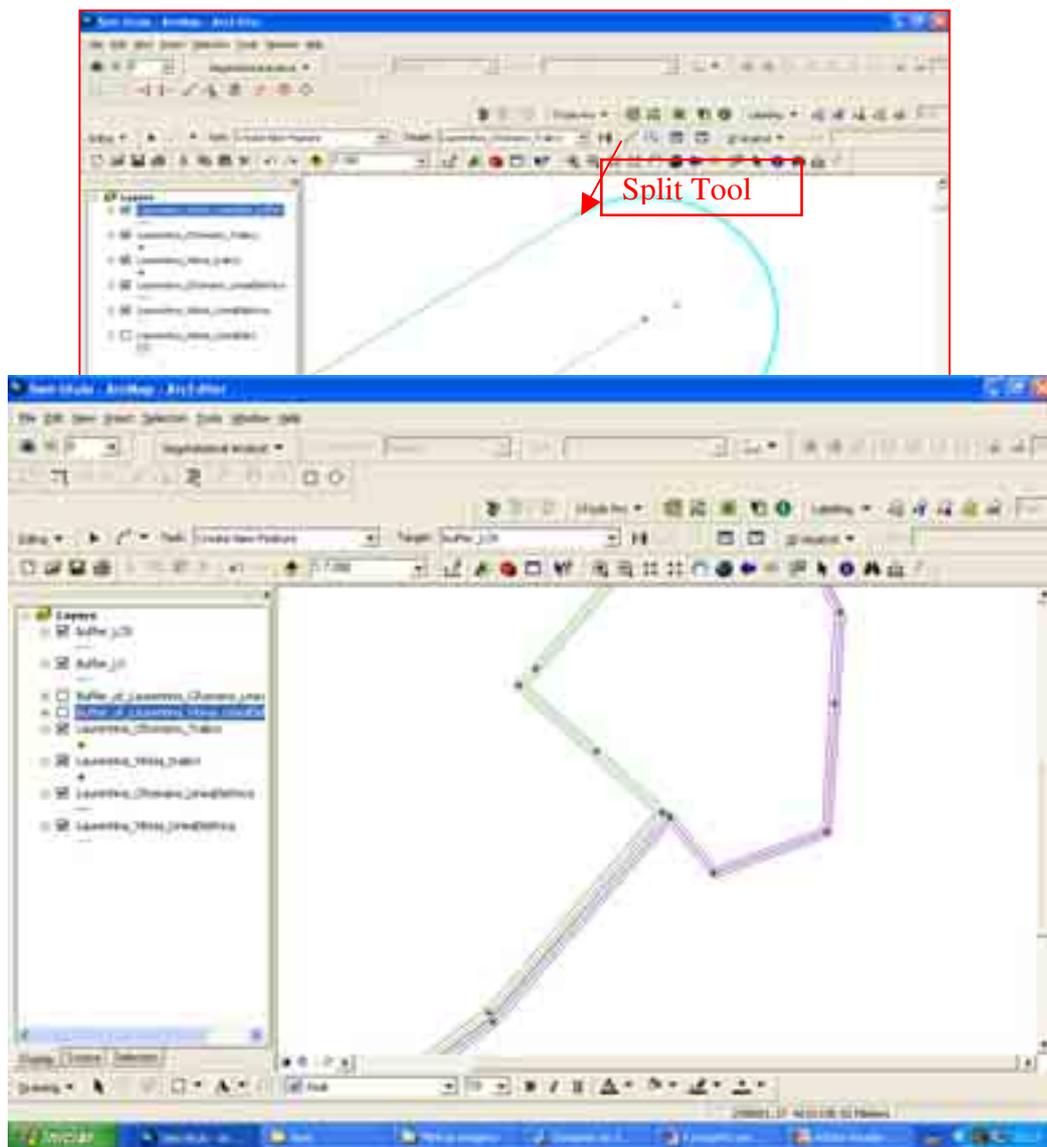


Fig.27 - Strumento di "SPLIT" del ArcMap 9, ArcMap 9.

Realizzata la procedura ci sono tutte e sei le linee, il passo seguente, è quello di modellare le linee elettriche sul territorio, poiché il proposito della tesi è lo studio dell'impatto ambientale dei campi elettromagnetici sul territorio e per questo ci servono gli edifici presenti nell'area. Per fare quest'operazione si sono caricati i seguenti shape file:

- 1 - Ctr_374140.ecw
- 2 – Le strade
- 3 – La fotografia aerea 374140 in formato .ecw

Il primo obiettivo della seconda parte del progetto è quello di potere ricavare dall'informazione che abbiamo, gli edifici presenti nell'area d'analisi. Per la creazione di questa nuova shape file poligonale si è usata la carta tecnica regionale 374140 e la fotografia aerea della stessa area. Caricate queste due shape nel data frame si è proceduto alla digitalizzazione degli oggetti con una struttura a poligoni. La struttura a poligoni è, tra tutte le strutture, la più semplice giacché ciascun'unità è singolarmente identificata con un codice univoco, ed è individualmente descritta da una sequenza ordinata di punti che hanno le coordinate che delimitano il perimetro. Ogni poligono risulta dall'elenco dei suoi vertici. La digitalizzazione di questi poligoni è stata realizzata solo nelle immediatezze delle linee, perché l'impatto dei campi elettromagnetici come si sa diminuisce drasticamente con la distanza.

Insieme al processo di Digitalizzazione dei singoli edifici si è attribuito l'altezza media, mediante il numero di piani che compongono l'edificio. Questo processo è stato possibile grazie alla ricerca in campo, ossia all'acquisizione dei dati in modo empirico. Le coordinate degli edifici é registrata automaticamente dal programma nel processo di digitalizzazione, una volta che la shape file d'appoggio è georeferita. La procedura usata per la realizzazione di quest'operazione è stata la seguente:

Dal programma ArcCatalog, cliccando con il tasto destro su comando catalog, si apre la finestra New, nella finestra New, si clicca su shapefile.

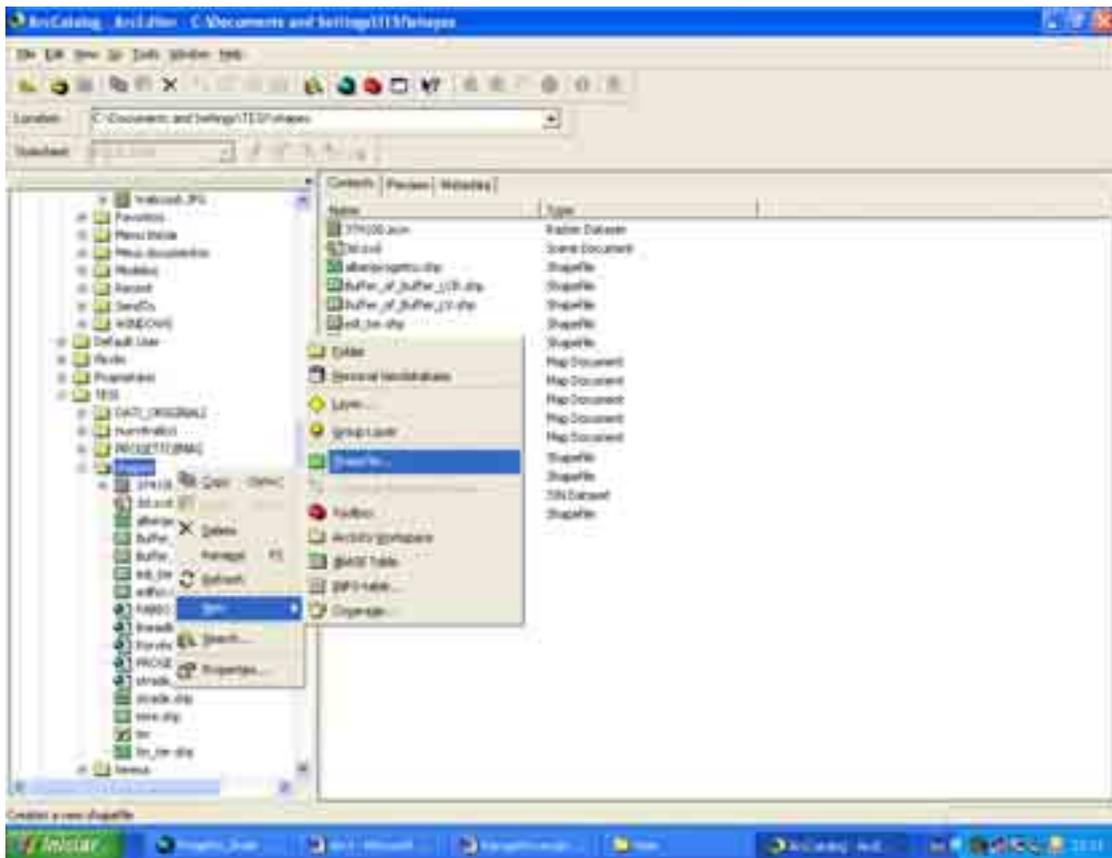


Fig.28 Creazione di una nuova shapefile, ArcCatalog.

Selezionata la finestra **New Shapefile** si procede alla definizione del nuovo shapefile e alla definizione del tipo di struttura che si pretende, in questo caso, come già menzionato, una struttura poligonale. Di seguito si procede alla scelta del sistema di riferimento delle coordinate della shape. Come per tutte le altre entità geografiche sono state scelte il sistema di coordinate U.T.M. WGS 84 fuso 33. L'ultima operazione consiste nell'introduzione dei nuovi attributi con i quali si vuole caratterizzare la feature (quota al suolo e altezza degli edifici).

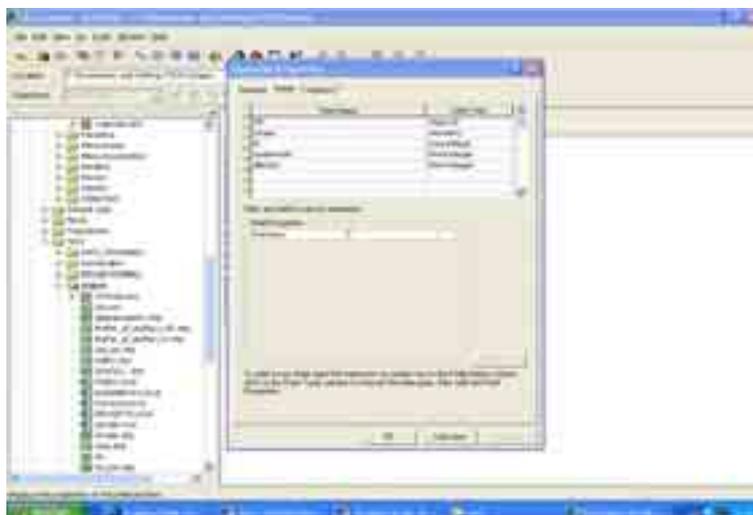


Fig.29 Proprietà della shapefile, fonte: ArcMap 9.

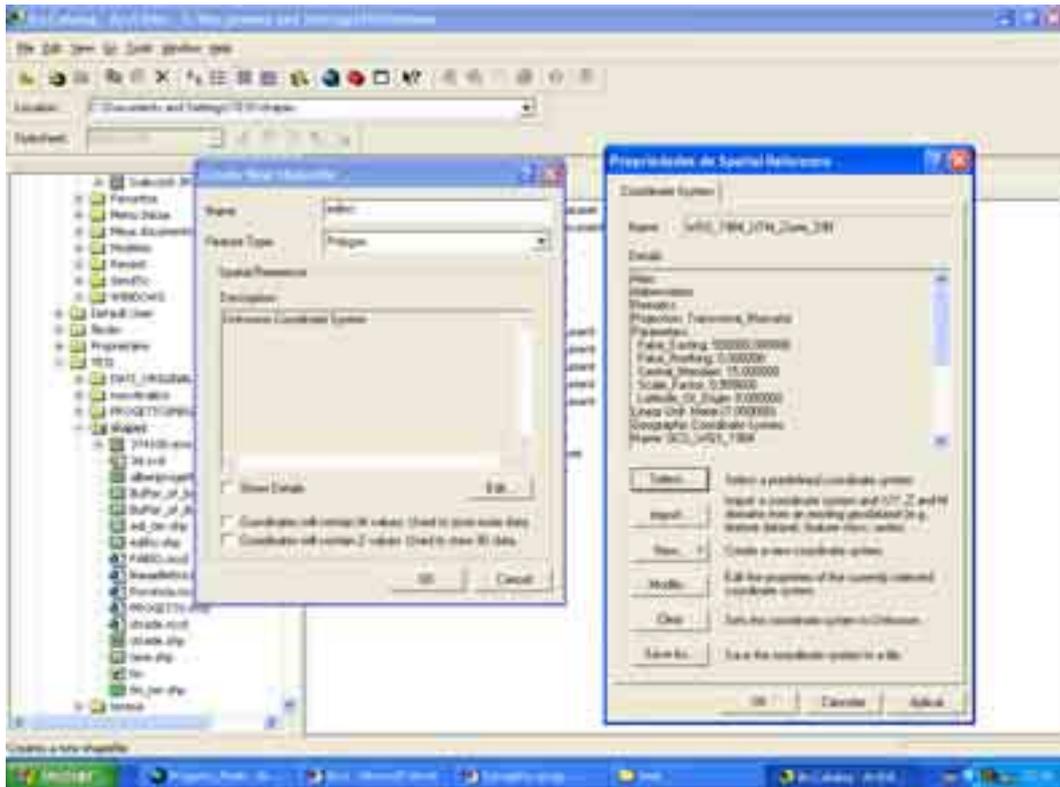


Fig.30 Creazione di una nuova shapefile, ArcMap 9.

Creata la shape file, si procede all'importazione di questa nel data frame del Map Document, insieme alla shape file *ctr_374140.shp*. Questo file servirà d'appoggio alla digitalizzazione dei poligoni degli edifici. La scelta della CTR al posto della fotografia aerea dell'area è avvenuta con la migliore visibilità e definizione dei singoli edifici che questa offre e poi si è proceduto al confronto con la fotografia aerea, in modo da avere una certificazione più esatta possibile. La procedura è stata la seguente:

Nel comando **Editing**, *Start Editing*, (se questo comando non è attivo si attiva della seguente forma: Cliccare il pulsante Editor toolbar Editor nella barra di strumenti standard dello ArcMap 9, per visualizzare il comando **Editor Toolbar**, o semplicemente attivando la opzione de *Editor* dal Comando **Tools**, pulsante *Customize*) che permette di creare i nuovi poligoni. Per realizzare quest'operazione si è usato lo strumento di *Sketch* (fig 31). Questo strumento di disegno permette di creare vertici e segmenti in modo molto accurato. Compiuta quest'operazione s'introduce nella tabella d'attributi il campo *Altezza dell'edificio* (fig. 32), poiché gli altri attributi, area e perimetro, sono definiti in automatico dal programma.

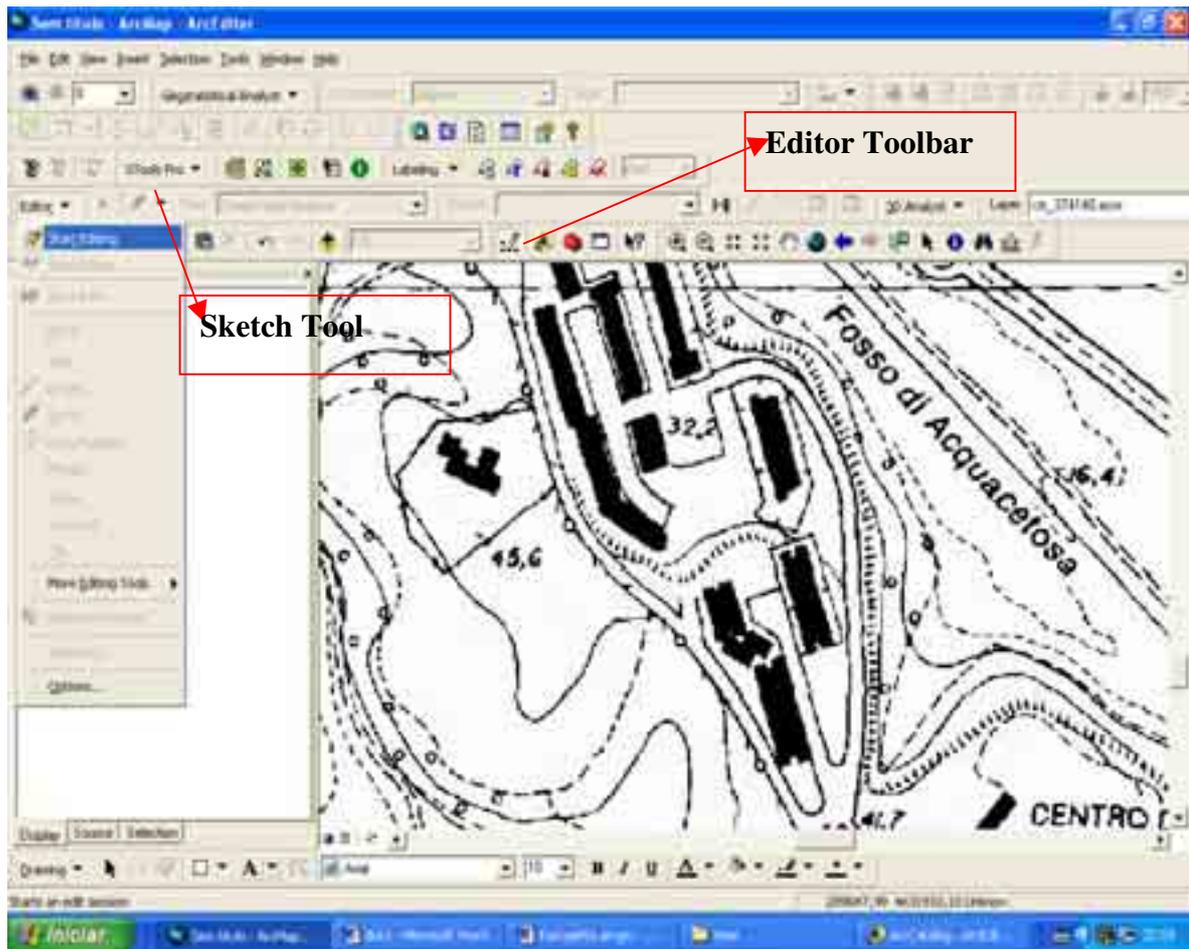


Fig.31 - Strumento di Sketch del ArcMap 9, ArcMap 9.

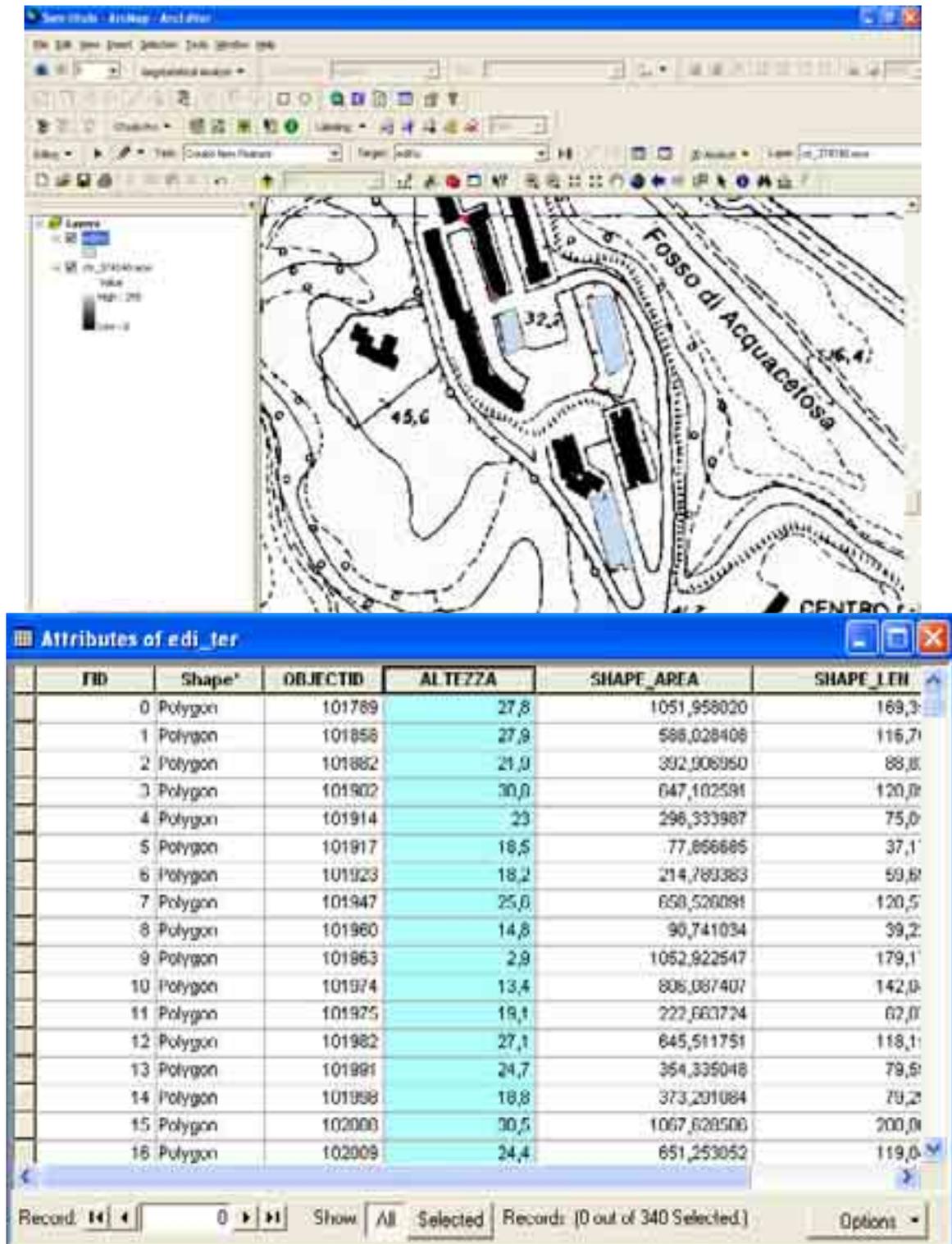


Fig.32 - tabella di attributi della shape edificio, ArcMap 9.

Tutti i dati geografici discussi fino ad ora hanno due o una dimensione (punti, linee e aree). In questo momento del progetto ci serve un modello che possa rappresentare le superfici dove si appoggiano gli oggetti acquisiti. Per creare questa superficie si procede alla creazione di un TIN.

Il TIN (Triangulated irregular network) è usato per creare e rappresentare la superficie della Terra in un GIS. Il Tin è creato da un insieme di punti, in cui ognuno ha un campo di coordinate X, Y e Z. La struttura TIN, tal come il nome suggerisce, rappresenta la superficie come un contiguo non sovrapposto da un insieme di triangoli. È stata realizzata identificando un numero infinito di punti (che misurano il valore di z) in corrispondenza dei quali il fenomeno stesso è misurato e costruendo, sulla base (x,y) delle misure effettuate dalle triangolazioni irregolari.³¹

La superficie della TIN è frequentemente creata per il Criterio di Triangolazione di Delaunay dei punti, che ci dice che, per creare una serie di aree triangolari, chiamate anche facce, queste devono essere ottenute connettendo ogni punto con i punti circostanti, e questi non devono generare intersezioni tra le congiungenti.³² Se il Criterio di Delaunay è usato in tutta l'area, l'angolo interiore minore di tutti triangoli è minimizzato. Il risultato è che i triangoli lunghi sono evitati al massimo. Il Criterio di Delaunay assicura che nessun vertice si tocca all'interno delle circonferenze dei triangoli di tutta la rete.

Un TIN è una struttura topologica di una triangolazione che memorizza le informazioni relative ai nodi di ciascun triangolo, alle congiungenti i nodi e alla adiacenza fra i triangoli.

“Per ciascun triangolo è memorizzato l'identificativo del triangolo, di tutti i triangoli adiacenti, i tre nodi del triangolo e le coordinate xy ed il valore z dei nodi”.³¹ Siccome i nodi possono essere collocati irregolarmente sulla superficie, il TIN può avere una risoluzione elevata dove la superficie è molto diversa o dove è desiderato un elevato grado di dettaglio o minore risoluzione dove esiste una minore diversità delle aree.

I modelli TIN sono meno disponibili dei modelli raster della superficie e tendono ad esseri più costosi per la sua costruzione ed elaborazione. Il costo per ottenere buoni dati è realmente molto elevato, e il processo d'elaborazione dei TINs tende ad essere meno efficiente che quei raster e ciò è dovuto alla complessità della struttura dei dati.

I TINs sono usualmente usati per la modellazione d'elevata precisione di piccole aree, essendo molto usato per i calcoli di planimetria e volumi.

³¹ Ioannilli & Schiavoni, 2002

³² Longley, 2001

Le elaborazioni che si eseguono hanno come scopo di ricavare dalle curve di livello presente nella CTR un modello tridimensionale del terreno.

Per creare una superficie TIN da dati vettoriali che contengono i valori di quota si fa uso del comando di creazione **3D Analyst TIN**.

La prima operazione è stata quella di creare una nuova feature di punti (processo già eseguito per gli edifici). Creato il layer tin_ter.shp, si ricavano le quote delle curve di livello, ed ogni punto è segnalato dal valore della quota di livello più vicino, tenendo conto dove sono situati i palazzi. L'area dove si trovano le linee elettriche è stata più accuratamente ritrattata, anche perché è quella che serve allo studio proposto, riaffermando che come il campo magnetico perde intensità con la distanza, non è stato necessario ricavare il modello di tutto il Municipio XII.

La procedura è la seguente:

La prima procedura è quella di ricavare le quote delle curve di livello presenti nella carta tecnica regionale dell'area in analisi. Questa procedura è abbastanza esaustiva, perché quante più valori di quota si riescono a ricavare, più dettagliato e preciso sarà il modello tridimensionale del terreno. Una volta creato il layer puntuale, si ricorre al comando d'editor che permette di cominciare a creare le entità puntuali, questi avranno come attributo il valore di quota al suolo indicato dalla curva di livello presente nella ctr, (fig.33). Quest'operazione è realizzata manualmente.

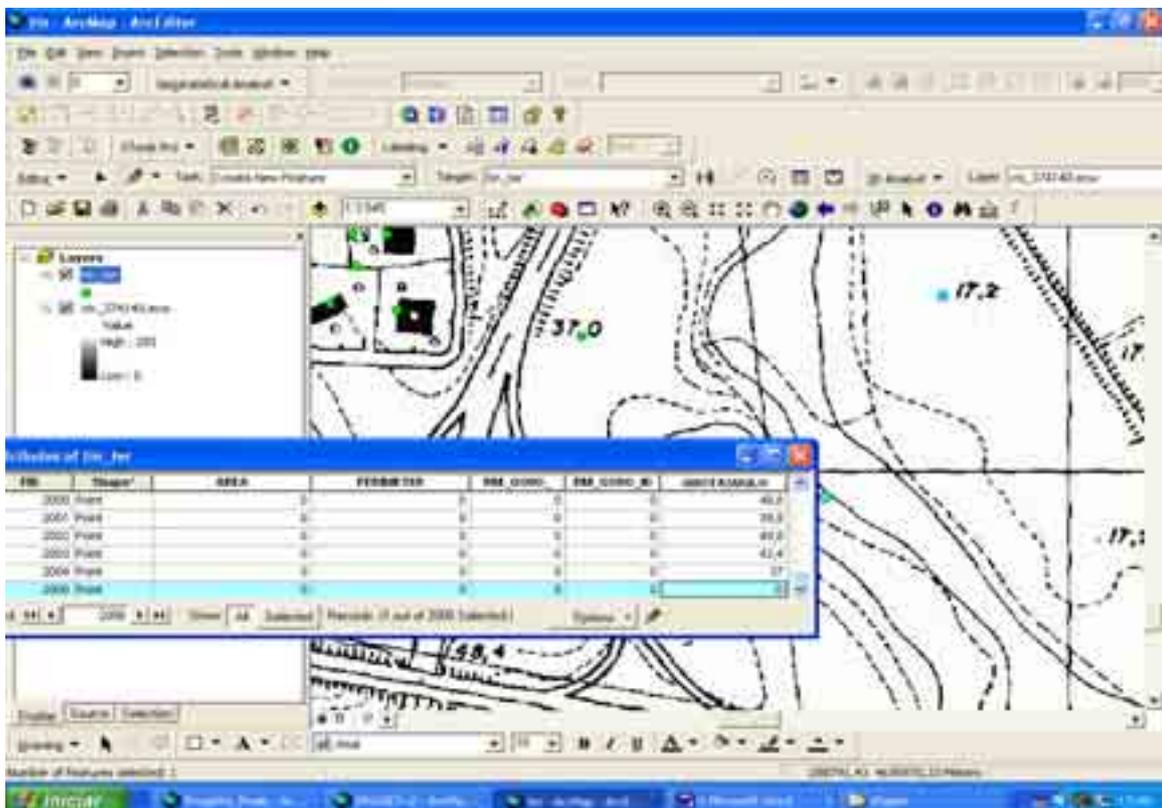


Fig.33 - Comando di creazione di un TIN a partire di una feature, ArcMap 9.

Acquisti tutti i punti si procede alla creazione del TIN. Per realizzare quest'operazione si usa il comando 3D Analyst. Questo comando permette di creare un TIN da un oggetto tramite l'opzione *Create Tin From Features* (fig.33). Selezionato il comando si apre una finestra che chiede il layer dal quale si vuole creare il modello tridimensionale del terreno. Il layer usato è stato quello precedentemente creato, ossia il layer puntuale *tin_ter.shp*. Scelto il layer si deve fornire l'attributo altezza. Il tin sarà creato attraverso questa fonte (fig. 33).



Fig.34 - Processo di creazione di un TIN a partire di una feature, ArcMap 9.

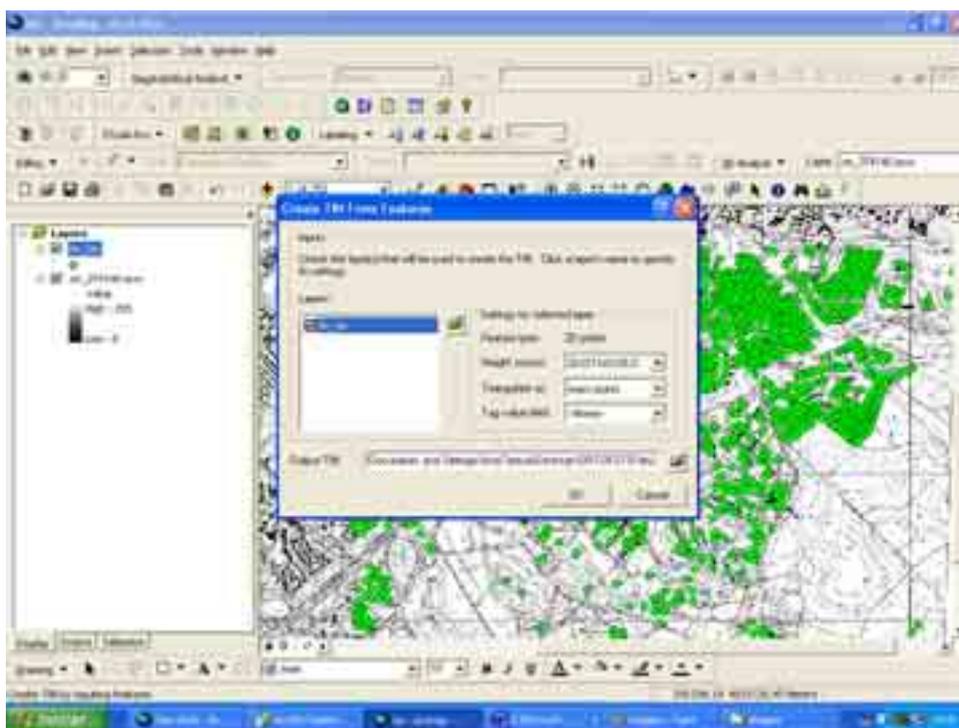


Fig.35 - Processo di creazione di un TIN a partire di una feature, ArcMap 9.

Tipicamente il TIN è rappresentato colorando l'ombreggiatura del rilievo, in modo da illustrare l'elevazione del terreno. Aggiungendo il colore si facilita la visualizzazione delle valli, dei crinali e le montagne secondo le loro rispettive altitudini. Si può scegliere di visualizzare le seguenti caratteristiche: l'aspetto, l'elevazione e le pendenze. Nel TIN si possono anche simulare le ombreggiature del rilievo.

La rappresentazione della pendenza è rappresentata tra valori che vanno da 0 a 90 gradi, dove lo 0 indica l'assenza di pendenza.

Quando si usa l'opzione *aspect* (esposizione) sono misurati le direzioni d'esposizioni che sono calcolate in gradi. Questi valori variano tra lo 0, che rappresenta il Nord, 90° che rappresenta l'Est, 180° il Sud e 270° rappresenta l'Ovest. Le celle piane prive di pendenza, non hanno un valore d'esposizione. Il calcolo delle esposizioni permette di calcolare i livelli di soleggiamento di ciascuna cella.³³

La visualizzazione interna della struttura del TIN è un'altra forma di visualizzare la superficie terrestre, per esempio mostrando i nodi del triangolo, o gli archi o entrambi.

Tipologie di visualizzazione del TIN:

- 1° - Secondo gli archi della triangolazione, (fig. 36).
- 2° - Visualizzazione dei nodi e degli archi. I nodi sono costituiti dai punti che sono stati ricavati nel processo precedente, (fig. 37).
- 3° - Tematizzazione delle facce del triangolo secondo una graduale classificazione dei valori d'altitudine, (fig. 38).
- 4° - Visualizzazione del TIN secondo la opzione di *aspect*, (fig. 39).

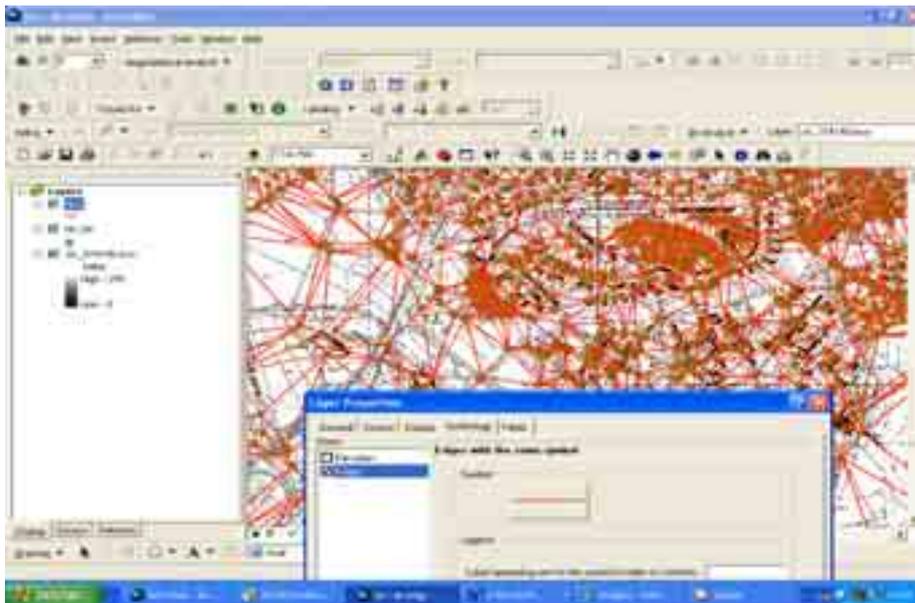


Fig.36 - TIN, secondo gli archi della triangolazione, ArcMap 9.

³³ Ioannilli & Schiavoni, 2002

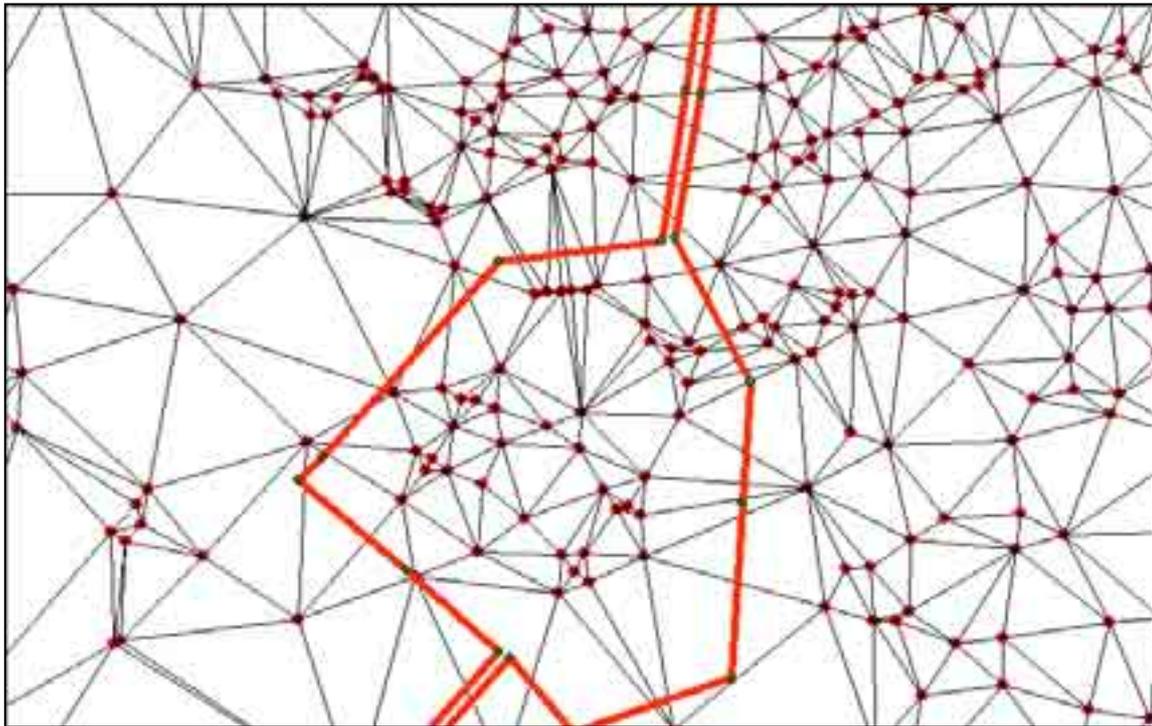


Fig.37 -TIN, Visualizzazione dei nodi e degli archi, ArcMap 9.

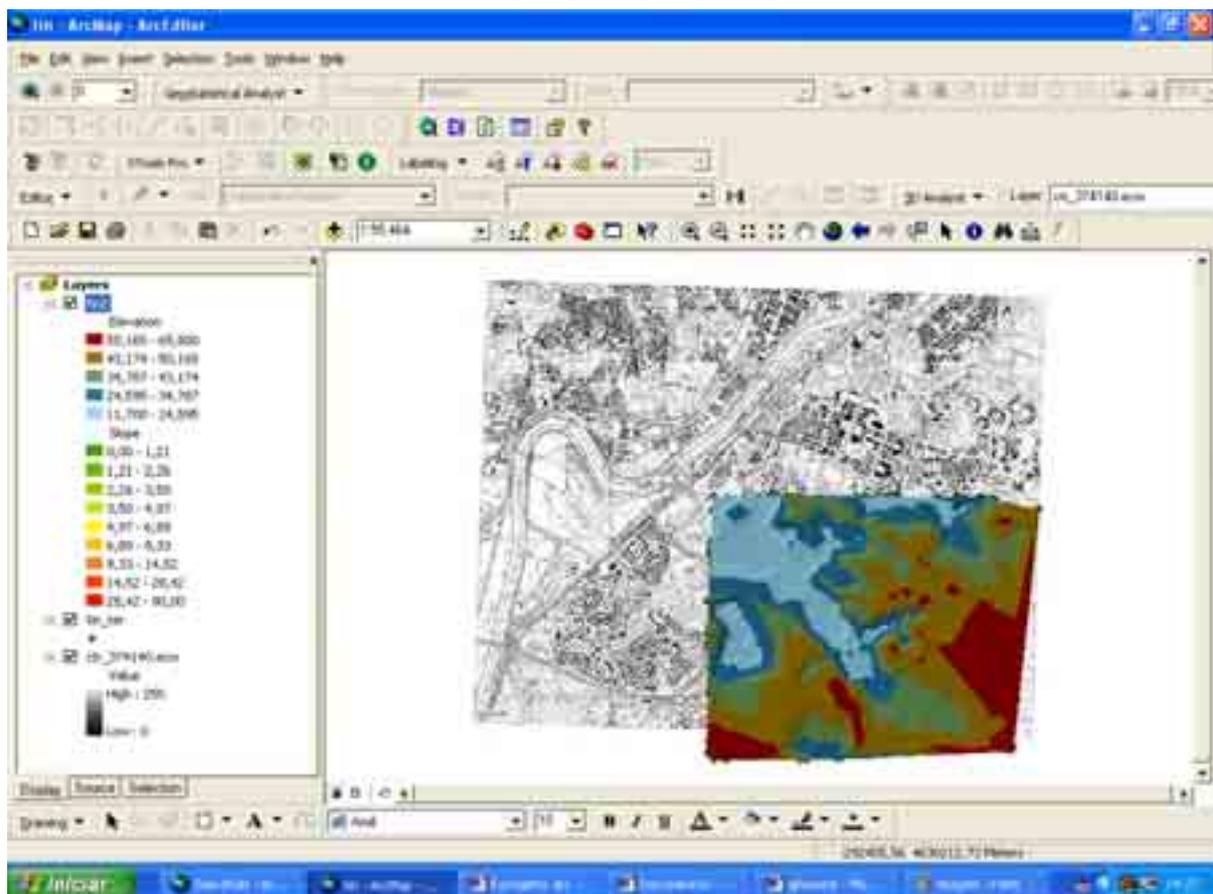


Fig.38 -TIN, Visualizzazione secondo le classe di altitudine, ArcMap 9.

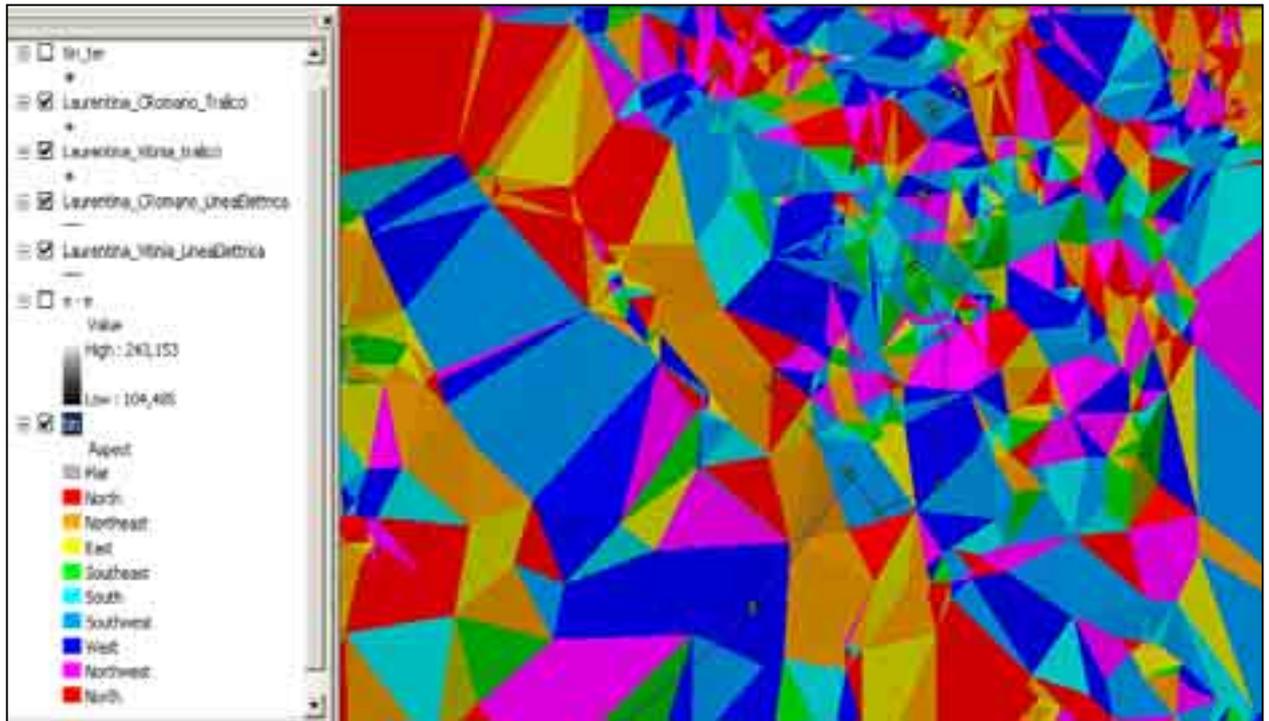


Fig.39 -Visualizzazione del TIN secondo la opzione di *aspect*, ArcMap.

La figura successiva rappresenta l'inquadratura finale della linee elettrica appoggiata sul TIN. Si può concludere che l'area è abbastanza eterogenea in termini di altitudine. A nord-ovest e a Sud le altitudini sono più elevate mentre a est queste diminuiscono in modo abbastanza evidente, anche perché è in questa direzione che si trova il Tevere. In questa immagine possiamo anche vedere che i sostegni delle linee elettriche si incontrano sempre in un locale più elevato rispetto agli edifici intorno, in modo da non trovarsi alla stessa altezza delle case e in modo da evitare il contatto diretto con i passanti.



Fig.40 -TIN, Inquadramento delle linee elettriche nell'area in analisi, ArcMap 9.

Avendo il modello della superfici del terreno, le linee elettriche e gli edifici si è proceduto all'analisi dell'impatto ambientale del campo elettromagnetico.

Per realizzare il calcolo del Campo Magnetico bisogna avere i dati delle radiazioni che la linea emana sulle superfici contigue. Questi dati non sono gestiti dal programma nella sua forma base, ma è possibile trovare una forma per la gestione degli stessi. A questo punto del progetto è stato proposto di calcolare questo indice d' impatto del campo magnetico con un altro programma. Questo programma gestisce i dati in modo molto chiaro e accurato. Intanto sappiamo dal Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 Gennaio del 1991, aggiornato dalle norme tecniche per la disciplina della costruzione e

dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne, prorogato dal Ministro dei Lavori Pubblici di concerto con i Ministri dei Trasporti, dell'Interno e dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, riconosciuta la necessità di apportare modifiche agli articoli 2.1.05 e 2.1.08 del regolamento di 21 Marzo 1988, n. 449 e sentito i diversi enti competenti decreta che l'articolo 2.1.08 rispettivamente alle distanze di rispetto dei fabbricati dai conduttori delle linee elettriche inferiori a 300 kV, non devono avere un'altezza dai tetti piani e dai terrazzi minori di 4 metri. Questo progetto ha come soggetto finale quello di verificare se gli edifici presenti nell'area sono in conformità alla legge vigente.

Per realizzare questa analisi si è proceduto ad un'analisi spaziale dell'area in studio. Questa operazione consiste nella creazione di un poligono intorno ad una entità geografica dotata di topologia, in questo caso ad una linea (linee elettrica), ad una data distanza. L'operazione di buffer è un'operazione di tipo topologico perché risolve i problemi di intersezione e di dissolvenza. L'entità generata nell'operazione di buffer non dispone di codifiche che la relazionino alla entità generatrice.³⁴

Un'area d'influenza (buffer zone) corrisponde ad un'area circondante o interiore di una o più entità grafiche, con una distanza costante all'entità definita dall'utente. D'accordo con i criteri definiti dalla legge vigente, si è proceduto alla creazione di uno buffer di 4 metri dalla linea elettrica originale, ossia quella ricavata inizialmente dai tralicci. Per una seconda analisi si è proceduto alla creazione di altre due aree di buffer di 8 e 12 metri per le linee in analisi.

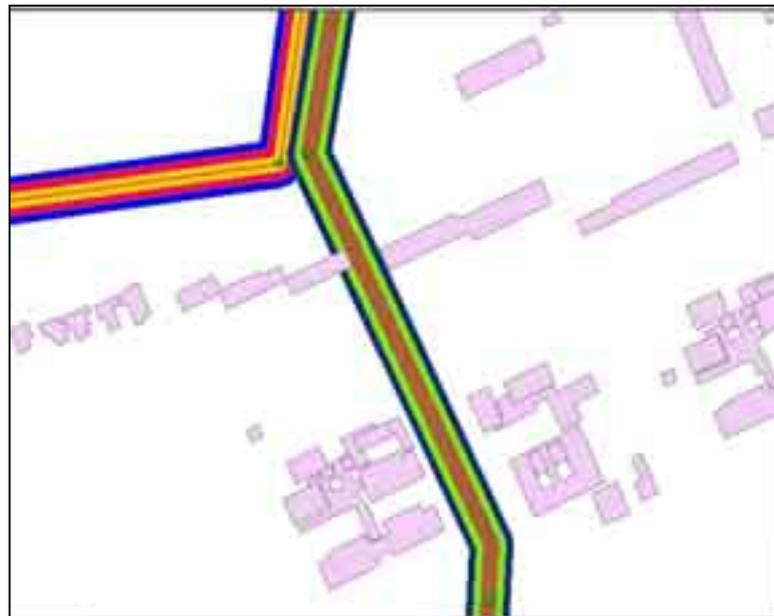


Fig.41 - Buffer zone, 4, 8 12 metri, ArcMap 9.

³⁴ Ioannilli & Schiavoni, 2002

Quest'operazione d'analisi delle aree d'influenza (buffer) è stata usata per stabilire le aree intorno ai fattori di rischio, localizzabili nello spazio. Questa tecnica viene di solito usato nella valutazione che riguarda la salute in modo da stimare la popolazione esposta ai rischi ambientali e alle esposizioni ai campi elettromagnetici generati dalla trasmissione dell'energia.

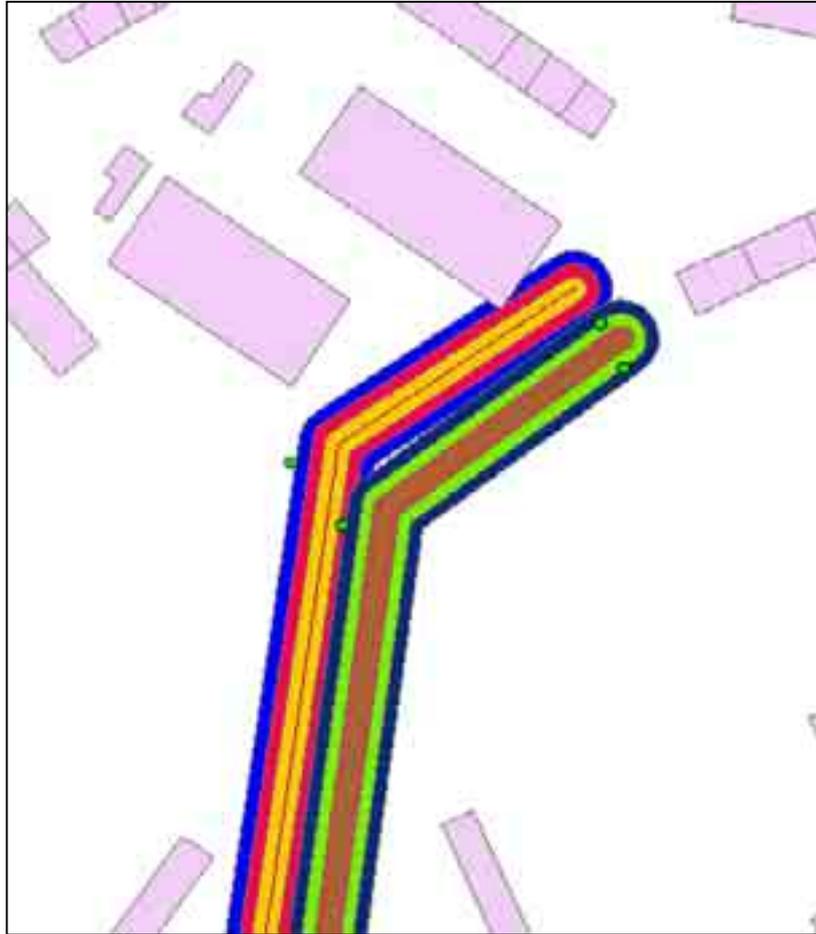


Fig.42 -Buffer zone, 4, 8 12 metri, ArcMap 9.

Realizzata quest'operazione si è verificato che in ogni modo il calcolo realizzato non tiene in considerazione il modello d'andamento del terreno, ossia l'analisi di buffering non considera che vi siano delle oscillazioni dalla quota del terreno, considerando la superficie del territorio piana. In questo modo l'operazione non riesce a tenere in considerazione a che altezza degli edifici s'incontra la linea elettrica, in modo da capire la distanza reale tra i due oggetti geografici. Per realizzare quest'operazione si è usato l'ArcScene dell'ArGIS, che permette la visualizzazione tridimensionale dando la possibilità di realizzare un'analisi più esatta.

Il GIS consente una mappatura in tempo reale dei tralicci e delle linee elettriche. Permette anche la visualizzazione contemporanea della posizione dei vari impianti sovrapposti alla Carta Tecnica Regionale ed alle altre informazioni territoriali (edifici,

scuole, sanità). Con questa mappatura é stato creato un collegamento all'archivio fotografico, tramite "HYPERLINK", (fig. 43), con la possibilità di visualizzare le immagini relative agli impianti. L'hyperlink collega gli oggetti del layer ai documenti, immagini, siti internet o macro. Attivato il link si apre un browser che permette la visualizzazione degli oggetti sono stati collegati a priori nel programma. Creando un hyperlink è possibile associare le fotografie scattate ad ognuno dei sostegni.

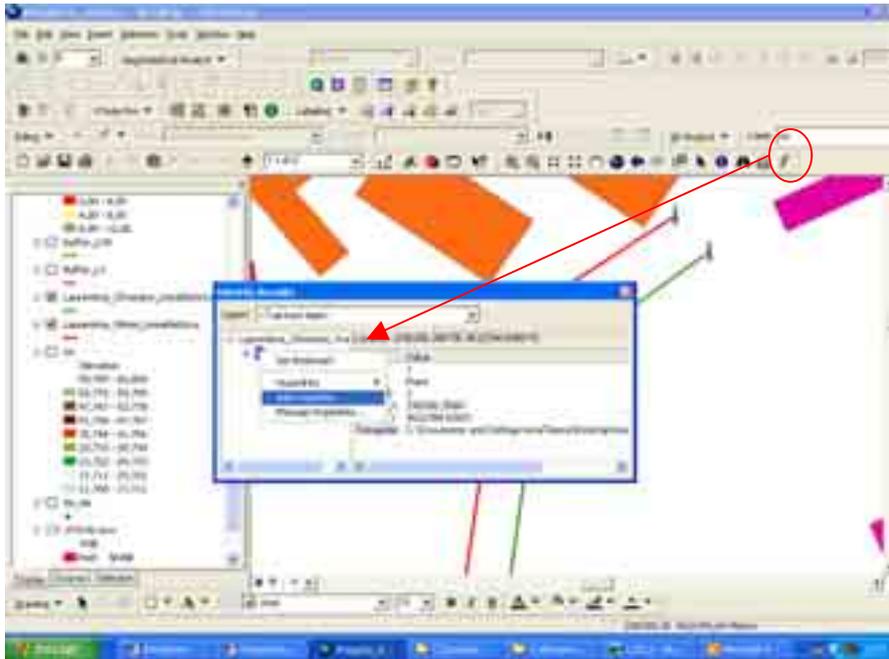


Fig.43 - Creazione di uno Hyperlink, ArcMap 9.

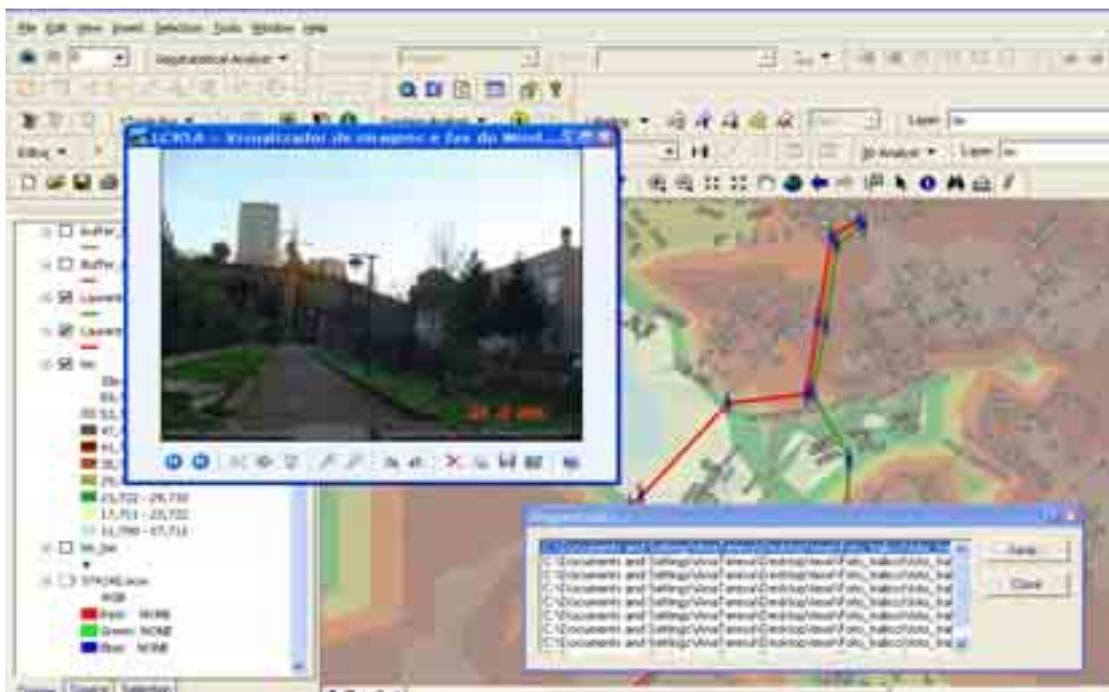


Fig.44 - Hyperlink, ArcMap 9.

3.3. Progetto ArcScene

L'ArcScene permette di manovrare efficacemente i layer del progetto, con la visualizzazione delle entità geografiche in tre dimensioni. Con quest'applicazione si possono creare oggetti a tre dimensioni derivati da quelli esistenti nel database del gis a due dimensioni. ArcScene permette di creare scene realistiche dove si può navigare e interagire con l'informazione del sistema informativo geografico ArcMap.



Fig.45 - Inquadramento dell'area in analisi, ArcScene.

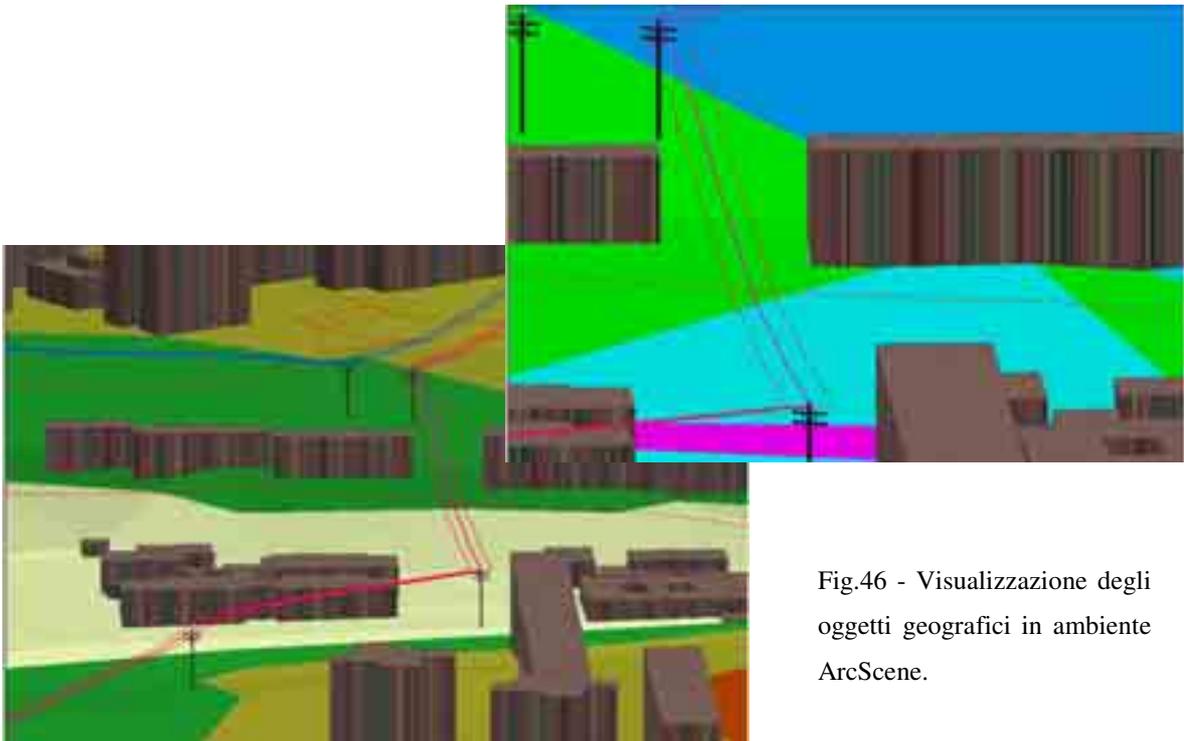


Fig.46 - Visualizzazione degli oggetti geografici in ambiente ArcScene.

Tenendo in considerazione i criteri definiti, si é costruito una ricerca (query) dove si pretende di determinare quali sono le aree che ipoteticamente si trovano in non conformità con la legge vigente.

Una ricerca corrisponde ad una richiesta d'informazione alla fonte di dati, ossia, é una domanda al sistema sull'informazione che soddisfa una determinata condizione definita dall'utente.

L'operazione d'analisi di selezione mediante la localizzazione delle entità geografiche (select by location) dà la possibilità di trovare entità geografiche in base alla posizione relativa ad altri oggetti. Quest'operazione richiede la formulazione di una query (domanda al database) giacché si pretende di trovare oggetti con base nella posizione relativa ad altri oggetti.

Per analizzare gli edifici che si trovano ad una distanza minore dalle linee elettriche, permesso per legge, si è usato il comando di select by location. Questo comando permette di realizzare diversi tipi d'analisi tenendo conto della localizzazione degli oggetti nello spazio. Il comando di select by location (are within distance of) seleziona gli oggetti che stanno vicino o adiacenti ad oggetti nello stesso layer o in un layer diverso mediante una distanza definita dall'utente. La distanza definita dalla Legge è di 4 metri dai terrazzi i tetti.³⁵

Distanza dalla linea elettrica agli edifici	N° di edifici impattati dalla linea elettrica
> 4m	1
4m – 5 m	1
5m – 12m	3

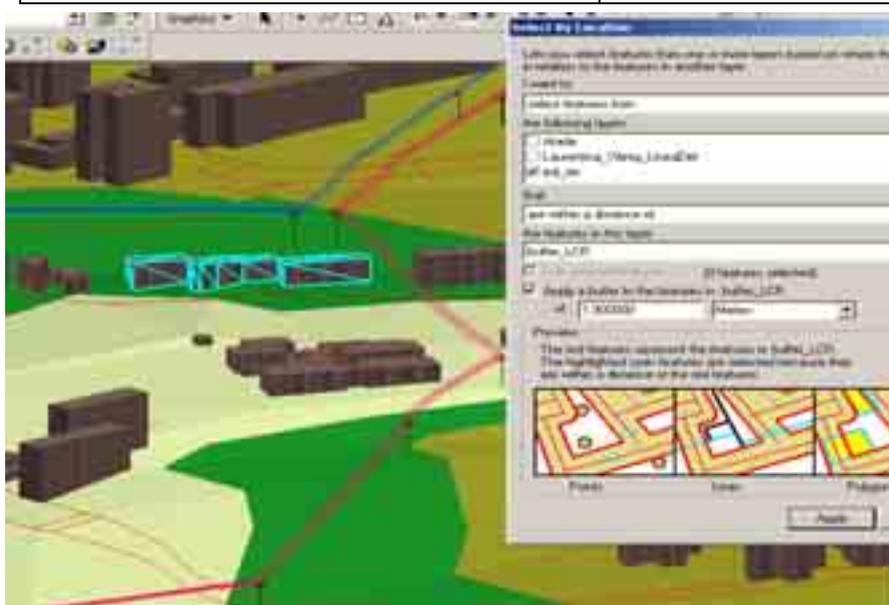


Fig.47 - Comando di analisi Select by Location dove la linea elettrica si trova ad una distanza dell'edificio di 1,9 metri, ArcScene.

³⁵ Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1991, (Allegato C).

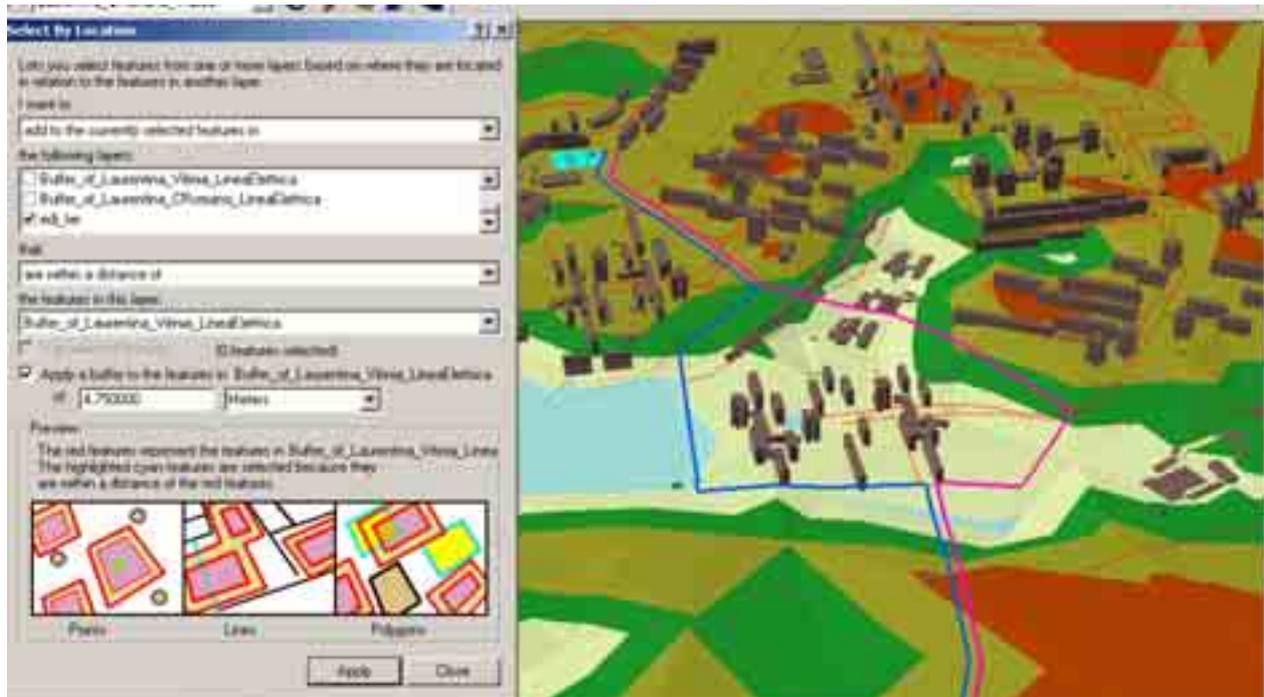


Fig.48 - Comando d'analisi Select by Location dove la linea elettrica si trova ad una distanza dagli edifici di 4,5 metri, ArcScene.

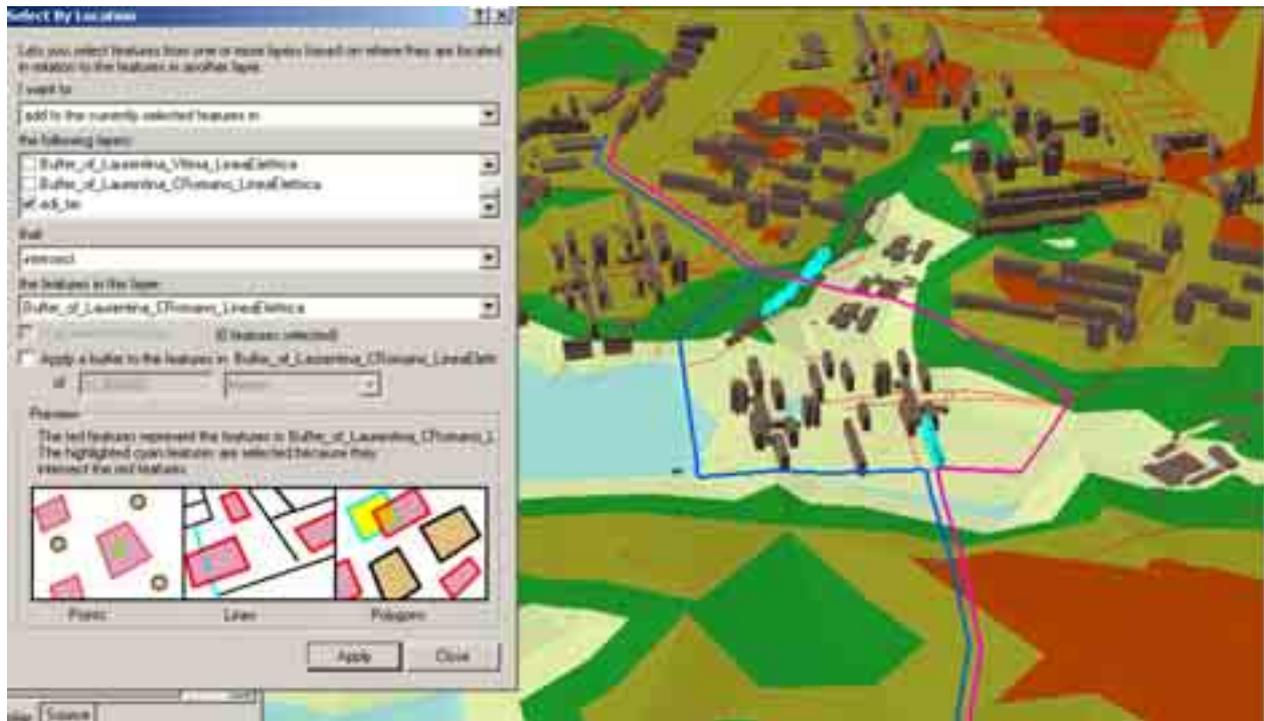


Fig.49 - Comando di analisi Select by Location dove la linea elettrica si trova ad una distanza dagli edifici di 12 metri, ArcScene.

Da quest'analisi spaziale si è verificato che esistono delle non conformità, una volta che abbiamo un edificio che si trova alla distanza di 1,9 metri dalla linea elettrica Laurentina C. Romano. Intanto si deve far notare che i dati trovati dalle linee elettriche non sono ufficiali, per questo tutte le elaborazioni effettuate possono aver portato ad alcuni errori, quindi questi risultati non significano che in realtà questo sia il valore giusto. Questa tesi non ha lo scopo di trovare la non conformità alla legge, ma di far sì che si potesse trovare una metodologia che dimostrasse che il GIS è uno strumento molto utile per lo studio dell'impatto Ambientale dei campi elettromagnetici degli elettrodotti.

4. Il Campo elettromagnetico di un elettrodotto

Un elettrodotto è "l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione".³⁶

Gli elettrodotti costituiscono gli elementi fondamentali del sistema elettrico, realizzato per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica dalle centrali di produzione agli apparati utilizzatori.

Esiste una grande varietà di tipologie di elettrodotti, differenti per funzione (trasporto, distribuzione, trasformazione della tensione), per tecnica costruttiva (elettrodotti aerei o interrati, a semplice o a doppia terna, etc.) e per tensione di esercizio.³⁷

In conformità a quest'ultima è possibile individuare impianti a: Altissima tensione (Aat): 220 , 380 kV; ad **Alta tensione (At): 40 , 150 kV, che sono quelli che interesseranno il presente studio**, a Media tensione (Mt): 10 , 30 kV e a Bassa tensione (Bt): 0,22 , 0,38 kV.

La distribuzione sul territorio degli elettrodotti è diversa secondo la tensione d'esercizio. Il criterio di localizzazione è di definire per le alte tensioni tracciati che interessano principalmente le zone disabitate, mentre per le medie e soprattutto per le basse tensioni, le linee elettriche si sviluppano in zone urbane al fine di poter raggiungere gli utenti.

Gli elettrodotti generano nell'ambiente, campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ad una frequenza industriale pari a 50 Hz, e costituiscono la principale sorgente esterna di campi a frequenze estremamente basse (Elf).

L'intensità del campo elettrico generato da un elettrodotto aumenta al crescere della tensione d'esercizio, essendo costante nel tempo e tale sarà anche il campo elettrico prodotto ad una certa distanza a parità d'altre condizioni (struttura dell'impianto ed eventuale presenza di oggetti in grado di perturbare il campo stesso).

L'intensità del campo magnetico dipende dalla corrente che circola nei conduttori, aumentando al crescere della corrente trasportata. Questa grandezza varia nell'arco della giornata, e dipende dalla richiesta d'energia elettrica da parte degli utenti e quindi l'intensità dei campi magnetici di solito è molto meno intenso nelle ore notturne.³⁷

Uno dei fattori più importanti è che questi campi, diminuiscono drasticamente con l'aumento della distanza dalla sorgente.

³⁶ Legge Quadro, n. 36/2001.

³⁷ <http://www.apat.gov.it/>

“Un elettrodotto non genera un campo elettromagnetico, ma un campo elettrico ed un campo magnetico, distinti ed indipendenti uno dall'altro. Gli elettrodotti sotto tensione generano un campo elettrico. Sono le cariche elettriche che si distribuiscono sui conduttori quando vengono messi sotto tensione a generare fisicamente il campo elettrico di un elettrodotto. L'intensità del campo elettrico si misura in volt al metro [V/m]”³⁸, e dipende da:

- ★ Tensione di lavoro della linea misurata in volt [V]
- ★ Struttura della linea, vale a dire la disposizione dei conduttori nello spazio e la loro posizione rispetto al terreno;
- ★ Distanza del punto di valutazione dalla linea;
- ★ Presenza d'elementi in grado di schermare o almeno perturbare il campo elettrico come vegetazione, rilievi di terreno, edifici.

“Un elettrodotto produce invece un campo magnetico se, oltre ad essere sotto tensione, fornisce anche potenza ad un carico utilizzatore: il campo magnetico, infatti, è generato dalla corrente elettrica che scorre nei conduttori. L'intensità del campo magnetico si misura in tesla [T] e sottomultipli come il microtesla [μ T]”,³⁸ e dipende da:

- ☆ Corrente che scorre sulla linea (espressa in ampere [A]), che a sua volta dipende dalla potenza istantanea fornita al carico (espressa in watt [W]); questa grandezza può variare in modo anche notevolissimo durante la giornata, la settimana, e nell'arco dell'anno;
- ☆ Struttura della linea, in pratica la disposizione dei conduttori nello spazio;
- ☆ Distanza del punto di valutazione dalla linea.

Ogni programma si appoggia ad un modello più o meno semplificato della linea e dell'ambiente circostante. L'attività d'integrazione dei dati riguardanti agli elettrodotti e loro impatto è stato svolto in ambiente GIS, ricorrendo al software WINEDT/ELF. In esso sono stati creati differenti tematismi che possono essere sovrapposti per poter fornire una guida alla pianificazione del territorio.

È stata condotta una raccolta sistematica dei dati necessari, per la modellizzazione ed il calcolo del campo elettrico e magnetico degli elettrodotti presenti. Allo scopo sono stati ricavati i seguenti dati (intanto molti di questi dati sono stati ricavati empiricamente, una volta che non abbiamo avuto l'opportunità di potere acquisirli direttamente dall'ente gestore della linea, in questo caso l'ACEA). I dati che sono stati invece ricavati e che hanno abbastanza validità sono quelli che riguardano la posizione nel territorio dei tralicci.

³⁸ Andreuccetti in [http:// www.vialattea.net/esperti/ambiente/elettrodotto.htm](http://www.vialattea.net/esperti/ambiente/elettrodotto.htm)

4.1. Modellizzazione delle linee aeree

Per ogni linea	Per ogni terna	Per ogni campata
<ul style="list-style-type: none"> •Nome della Linea •Tensione Nominale (kV) •Numero di campate 	<ul style="list-style-type: none"> •Numero di conduttori di fase •Diametro o sezione dei conduttori •Diametro o sezione delle funi di guardia •Corrente media (calcolo intuitivo) 	<ul style="list-style-type: none"> •Linea d'appartenenza •Numero traliccio iniziale •Numero traliccio finale •Lunghezza dell'asse campata Altezza da terra del conduttore in corrispondenza al traliccio iniziale e finale.

Tabella VIII - Dati acquisiti per ogni Campata, Terna e Linea.

Le linee aeree sono un insieme di conduttori rettilinei, paralleli tra loro e al terreno e posti ad un'altezza da terra costante per ogni campata. Questa definizione è valida per gli usuali calcoli di progetto, che mirano ad esempio a calcolarne l'impedenza, ma è inadeguata per il calcolo della reale distribuzione di campo elettrico e magnetico da loro prodotta.³⁹ Quando ci troviamo di fronte a campate molto lunghe, c'è una grossa differenza tra il campo magnetico nelle zone centrali della campata e quello in corrispondenza dei tralicci, che è notevolmente più basso. Nel caso il limite normativo fosse superato al centro della campata non è detto che lo sia anche in prossimità dei tralicci.

I conduttori, non sono sempre paralleli tra loro, oppure possono essere considerati infinitamente lunghi (campate successive di una stessa linea poste ad angolo); la temperatura stessa influisce sulla reale altezza da terra dei conduttori. Il calcolo di campo magnetico richiede un'adeguata modellizzazione della geometria dei conduttori nelle reali condizioni di posa e d'esercizio.⁴⁰

Per poter analizzare i livelli di campo elettrico e magnetico generati dagli elettrodotti è necessario conoscere, oltre alla corrente circolante, il profilo altimetrico di una linea, la disposizione dei conduttori (di fase e funi di guardia) in corrispondenza ai tralicci e la sezione e il materiale dei conduttori stessi. Questi dati permettono di calcolare lo sviluppo della curva catenaria d'ogni singolo conduttore nelle reali condizioni

³⁹ Fava, 2004

⁴⁰ Fava, 2004.

d'esercizio, tenendo conto la quota altimetrica del terreno. In questa maniera si ottiene un modello accurato delle sorgenti per il calcolo del campo elettrico e magnetico.

La valutazione del campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità di corrente circolante nei conduttori. L'intensità della corrente non è costante né prevedibile e varia con la richiesta dell'energia elettrica.

Sul territorio in analisi sono presenti 2 linee elettriche di trasmissione, simili per lunghezza e tensione nominale (60 kV), che si sviluppano sia in territorio urbano che extraurbano per un totale di circa 2 km.

Le linee sono di proprietà dell'ACEA e sono identificate da un codice numerico e dal nome delle stazioni di partenza ed arrivo, come riassunto nella seguente tabella:

LINEA	GESTORE	TENSIONE	LUNGHEZZA (del tratto analizzato)
Laurentina-Vitinia	Acea	60 kV	2.770 m
Laurentina-C.Romano	Acea	60 kV	2.732 m

Tabella IX - Caratteristiche di proprietà, Lunghezza e tensione delle Linee elettriche in analisi.

4.1.1. Procedure adottate nello studio delle linee ad Alta Tensione

L'analisi di ciascuna linea ha come obiettivo quello di tracciare un quadro sufficientemente dettagliato delle due linee elettriche esistenti su parte territorio comunale di Roma (Municipio XII), permettendo di stabilire dei livelli d'impatto ambientale da assegnare alle singole linee attraverso le seguenti valutazioni: determinazione del numero d'edifici impattati da ciascuna linea e, all'interno d'ogni linea, da ciascuna campata; (per edificio impattato s'intende un fabbricato situato, anche parzialmente, all'interno delle fasce di rispetto).

4.2. Il progetto WinEDT/ELF

Il Winedt/ELF é in grado di eseguire la simulazione e l'analisi del campo magnetico a bassa frequenza generate dalle linee di distribuzione elettrica, essendo eseguita la valutazione del livello d'intensità di campo prodotto, a proposito del suo supposto impatto ambientale. Questo software, tal come altri software GIS, si appoggia alla gestione d'archivi georeferenziati.

Per operare è necessario un data base realizzato in MS-Access che viene generato in fase di installazione e gestito da WinEDT di modo automatico, quindi non si possono

fare modifiche dirette nel data base con il pericolo di por in causa, il funzionamento del programma.

Il Winedt/ELF è costituito da in due Menu principali. Uno dove s'introduce tutti i dati relativi alla linea elettrica, alle campate che costituiscono la linea e i sostegni di ognuna campata. L'altro menu gestisce tutte le operazioni d'analisi e valutazione dei campi elettro magnetici a bassa frequenza.

4.2.1. La struttura del Data Base

WinEDT si serve di un data base misto, grafico e alfanumerico; è in grado di gestire informazioni sia formato vettoriale che raster. Per l'utilizzazione della base di dati si deve fare una connessione standard ODBC. Questa connessione è attivata quando si procede all'installazione del programma (Allegato D).

4.2.2. Procedure

Innanzitutto il prodotto si appoggia su un **DEM**. Per aprire un progetto si deve andare sulla barra degli strumenti e selezionare la prima icona di sinistra, che permette di aprire la cartella, FileDEM (o sul Menu Progetto e selezionare aprire progetto). Il FileDEM, utilizzato nel progetto è stato Roma_EUR_2m, gentilmente fornito dalla CITEC. È su questo file che si appoggerà il lavoro.

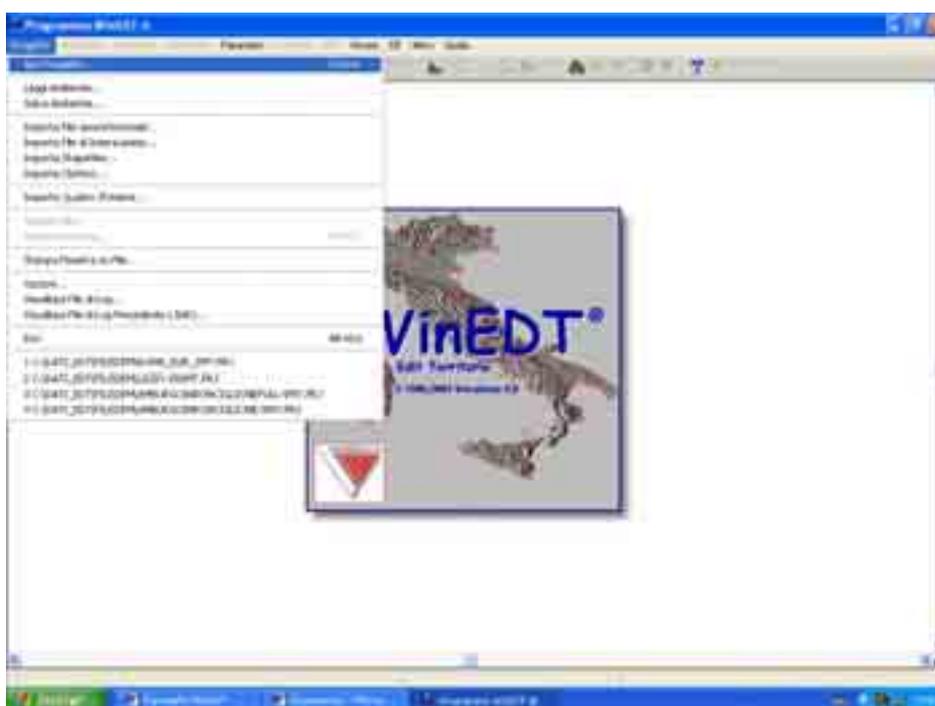


Fig.51 - Finestra di Progetto, WinEDT.



Il file del progetto Roma_EUR_2m ha l'estensione.PRJ, che contiene tutti gli elementi d'orientamento e d'organizzazione del modello utilizzato da WinEDT. È in teoria un insieme di puntatori dei dati del modello territoriale, che non è direttamente gestito o modificato dall'Utente.

Quando si installa il programma, questo contiene un progetto di riferimento che include le connessioni ai dati territoriali forniti insieme all'installazione. Tutte le file che sono inserite dopo derivano da quello iniziale.

Per impostare la visibilità del file di progetto si deve andare sull'icona **imposta visibilità (2)**, o sul Menu Tematismi, Imposta visibilità. Si è scelto il modello di visibilità shading, che é quel più adatto allo studio. Con questa tecnica il modello è illuminato con un fascio di luce protonica (vale a ricordare che non genera ombre portate, ma solo ombre proprie), mettendo in risalto l'andamento del terreno.⁴²

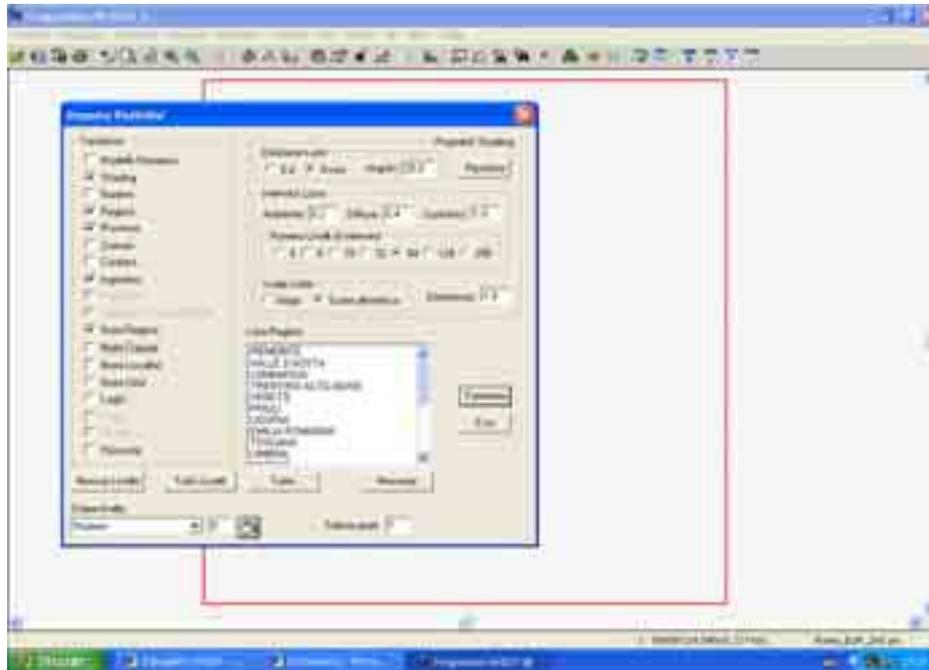


Fig.52 - Impostazione della Visibilità della finestra di progetto, WinEDT.

⁴² WinEDT

Con il Comando *Estrazione Modello* del Menu Principali Strumenti, è stato possibile realizzare un'estrazione dal file Roma_EUR_2mt, l'area con la quale volevamo fare l'analisi del campo elettromagnetico. Portata a termine quest'operazione il programma genera un file .PRJ, con il rispettivo nome indicato da noi e l'estensione territoriale anticipatamente selezionata.

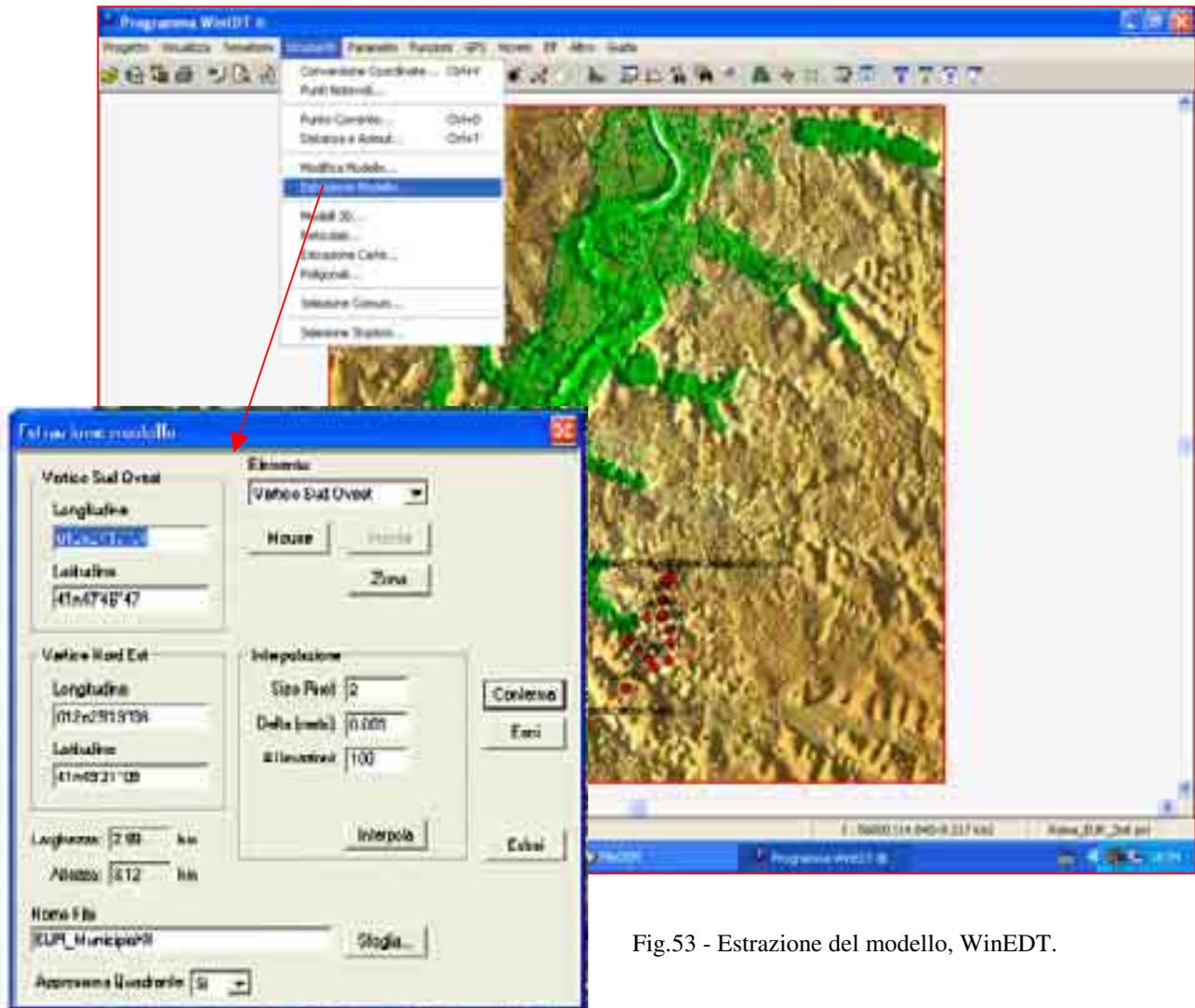


Fig.53 - Estrazione del modello, WinEDT.

- File PRZ dello shapefile traliccio.PRZ, dove è riportato la proiezione scelta. Se si vuole tornare alla proiezione originale, basta eliminare questo file PRZ.

FILE PRZ:

chiave "GTModelType": valori ammessi

ModelTypeProjected

ModelTypeGeographic

K GTModelType ModelTypeProjected

#

chiave "ProjectedCSType": valori ammessi

PCS_ED50_UTM_zone_28N

PCS_ED50_UTM_zone_29N

PCS_ED50_UTM_zone_30N

PCS_ED50_UTM_zone_31N

PCS_ED50_UTM_zone_32N

PCS_ED50_UTM_zone_33N

PCS_ED50_UTM_zone_34N

PCS_ED50_UTM_zone_35N

PCS_ED50_UTM_zone_36N

PCS_ED50_UTM_zone_37N

PCS_ED50_UTM_zone_38N

PCS_Monte_Mario_Italy_1

PCS_Monte_Mario_Italy_2

PCS_WGS84_UTM_zone_28N

PCS_WGS84_UTM_zone_29N

PCS_WGS84_UTM_zone_30N

PCS_WGS84_UTM_zone_31N

PCS_WGS84_UTM_zone_32N

PCS_WGS84_UTM_zone_33N

PCS_WGS84_UTM_zone_34N

PCS_WGS84_UTM_zone_35N

PCS_WGS84_UTM_zone_36N

PCS_WGS84_UTM_zone_37N

K ProjectedCSType PCS_WGS84_UTM_zone_33N

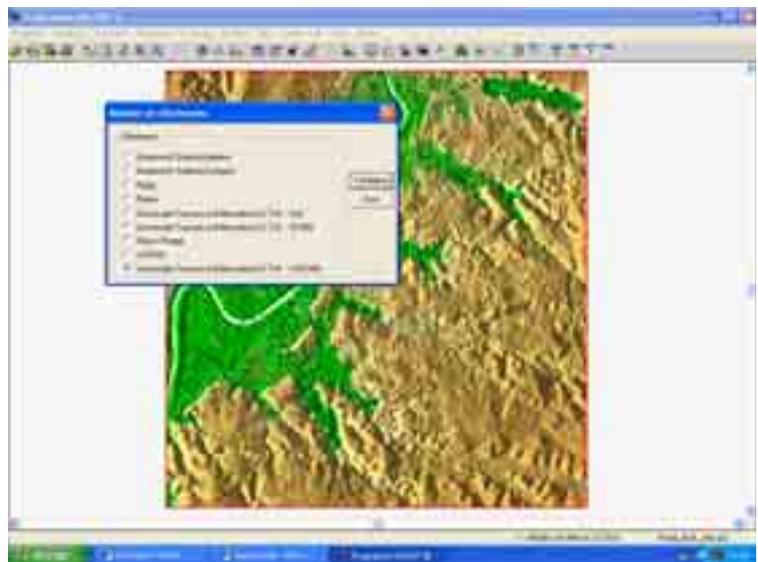


Fig.56 - Impostazione del Sistema di Riferimento, WinEDT.

Con WinEDT possiamo inserire il file, avendo le coordinate esatte del punto, nell'archivio sostegni del WinELF. Quest'operazione sarà riportata più avanti.

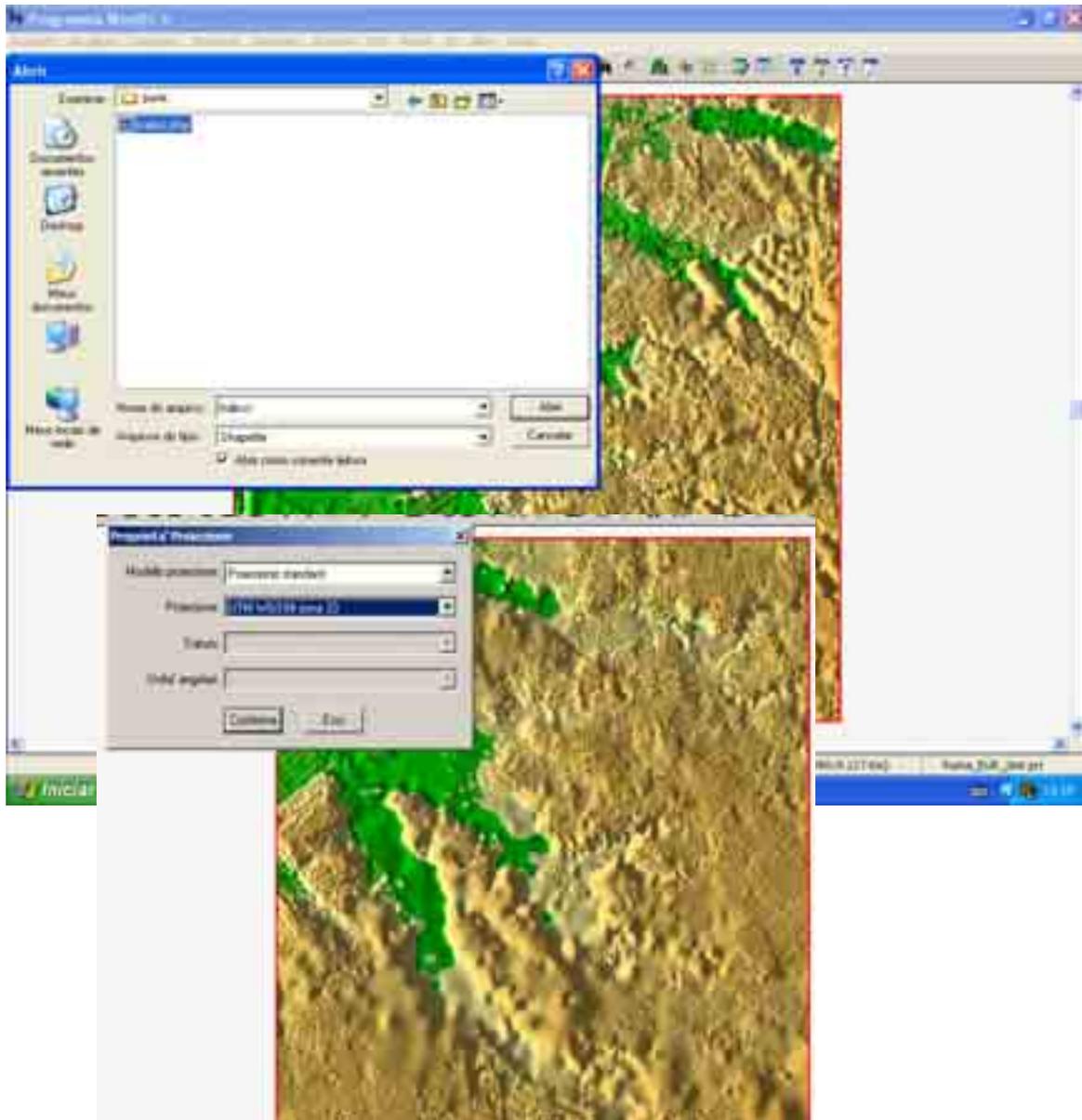


Fig.57 - Importazione degli shapefile, WinEDT

4.3. Menu ELF

Per quanto riguarda la memorizzazione dell'informazione concernente le linee elettriche, questo modello si appoggia ad un Data Base MS Access gestibile direttamente dall'applicativo. Questo menu è composto di diversi comandi:

- 1 - Comando d'Analisi
- 2 - Comando Archivio Gestori
- 3 - Comando Archivio Linee Elettriche
- 4 - Comando Archivio Tratti
- 5 - Comando Archivio Campate
- 6 - Comando Archivio Sostegni
- 7 - Comando Archivio Conduttori
- 8 - Comando Funi di Guardia

4.3.1. Archivio Gestori e Archivio Linee Elettriche

In questi archivi sono memorizzate, nella base di dati, il Gestore delle linee elettriche e le principali caratteristiche delle due linee elettriche in analisi.

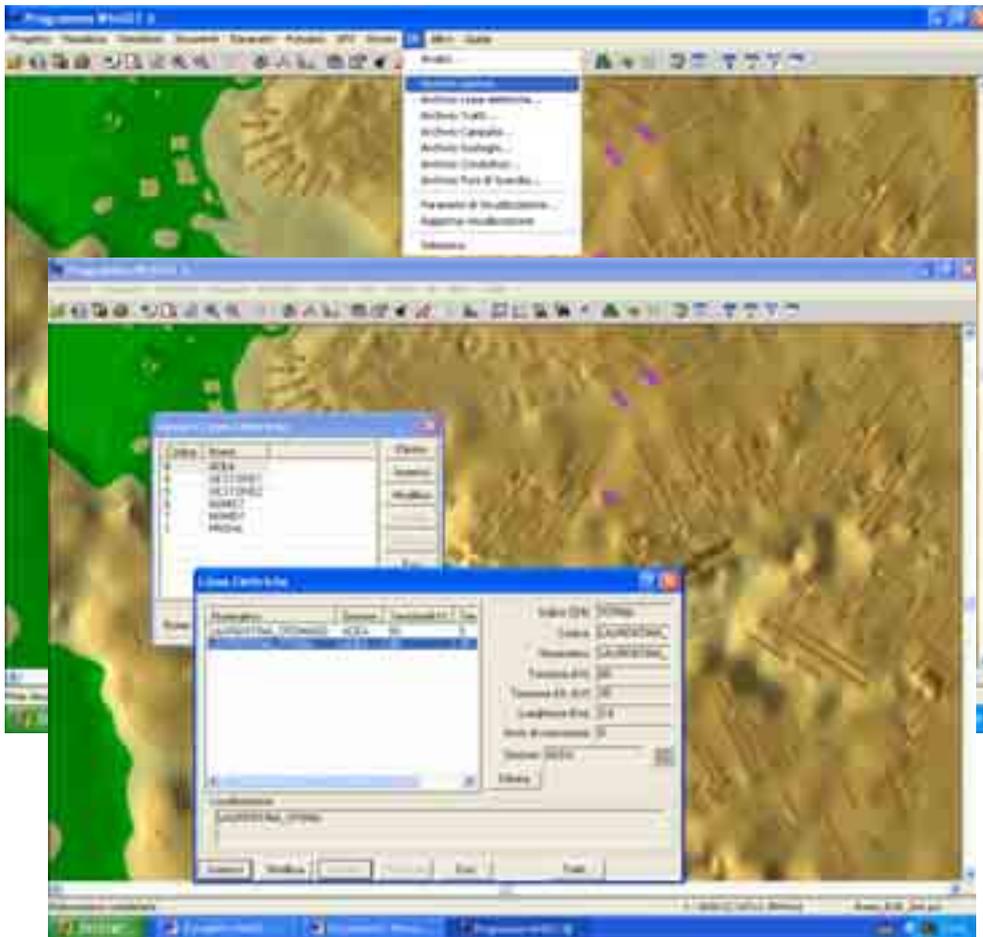


Fig.58 - Inserimento dei dati nel Archivio Gestore Linee Elettriche ELF. WinEdt.

Questo comando può essere attivato in due modi:

1° attivato dal menu principale: Menu ELF, Archivio Linee Elettriche.

2° dall'Archivio Gestori Linee Elettriche, selezionando direttamente il Gestore corrispondente alla linea elettrica in analisi.

Il sistema usato è stato il primo per ambi due le linee con la seguente procedura:

1° Menu ELF – Archivio Linee Elettriche

2° Il pulsante *inserisci*, consente l'inserimento di una nuova linea elettrica e dei suoi attributi. (tabella X). Per finire il processo d'inserimento si clicca sul pulsante *conferma*.

Bisogna precisare che gli attributi non devono essere duplicati, perché così non possono essere gestiti dal database, in caso di impossibilità di gestione dei dati, il sistema emette un messaggio diagnostico nell'area messaggi (in basso a sinistra dello schermo).

Attributi delle linee	Linea Oeste	Linea Este
Indice CEN	VITINIA	C.ROMANO
Codice	Laurentina_Vitinia	Laurentina_C.Romano
Nominativo	Laurentina_Vitinia	Laurentia_C.Romano
Tensione (kv)	60	60
Tensione Eff. (kv)	35 (stimato)	35 (stimato)
Lunghezza (km)	2.770 m	2.732 m
Gestore	ACEA	ACEA
Localizzazione	Laurentina_Vitinia	Laurentia_C.Romano

Tabella X - Attributi delle due linee di Alta Tensione in studio.

- Indice CEN: riporta l'Indice del Catasto Elettrico Nazionale per la linea selezionata
- Codice: questo codice è assegnato dal Gestore, (in assenza di questi dati si è inserito il nome della linea).
- Tensione: tensione nominale, espressa in kilovolt della linea in questione.
- Lunghezza: lunghezza nominale, espressa in chilometri. Questo valore non è in relazione con le effettive lunghezze desumibili dal modello e non è utilizzato.

4.3.2. Archivio Trattati

Il comando *tratti* può essere attivato in due modi:

1° Direttamente del menu linee elettriche, usando il comando *tratti*, dove sono riportati i tratti della linea (fig. 59).

2° Dal menu principale. In questo caso sono riportati tutti i Trattati delle Linee presenti in database.

Nel progetto abbiamo adottato il primo modo. La prima volta che inseriamo i dati nel database è più facile seguire le procedure che presentano i pulsanti disponibili, e le consecutive finestre che ci presentano tutto il percorso che il programma offre.

Elementi presenti nella tabella: (naturalmente le linee hanno valori equivalenti o eguali anche perché sono quasi complementari)

Riguardo al tratto	Laurentina Vitinia	Laurentina C.Romano
Corrente Media (Ampere)	200	200
Corrente Nominale (Ampere)	400	400
95% corrente efficace (Ampere)	400	400
Tipo Conduttori	Accio	Accio
Fune di Guardia Configurazione cavi	Accio-Alluminio	Accio-Alluminio
Configurazione cavi		
Tipologia Terna	Singola Terna	Singola Terna
Fase A (angoli di sfasamento delle 3 fasi)	0	0
Fase B	120	120
Fase C	240	240
Nodo Iniziale		
Nome	LV1	LCR1
Tipologia	Traliccio	Traliccio
Latitudine	4632464	4632448
Longitudine	290346-33	290361-33
Quota slm (m)	48.43	48.50
Nodo Finale		
Nome	LV10	LCR11
Tipologia	Traliccio	Traliccio
Latitudine	4630577	4630575
Longitudine	289065-33	289089-33
Quota slm (m) (quota a terra del Nodo)	42.29	42.75

Tabella XI - Caratteristiche del tratto delle Linee.

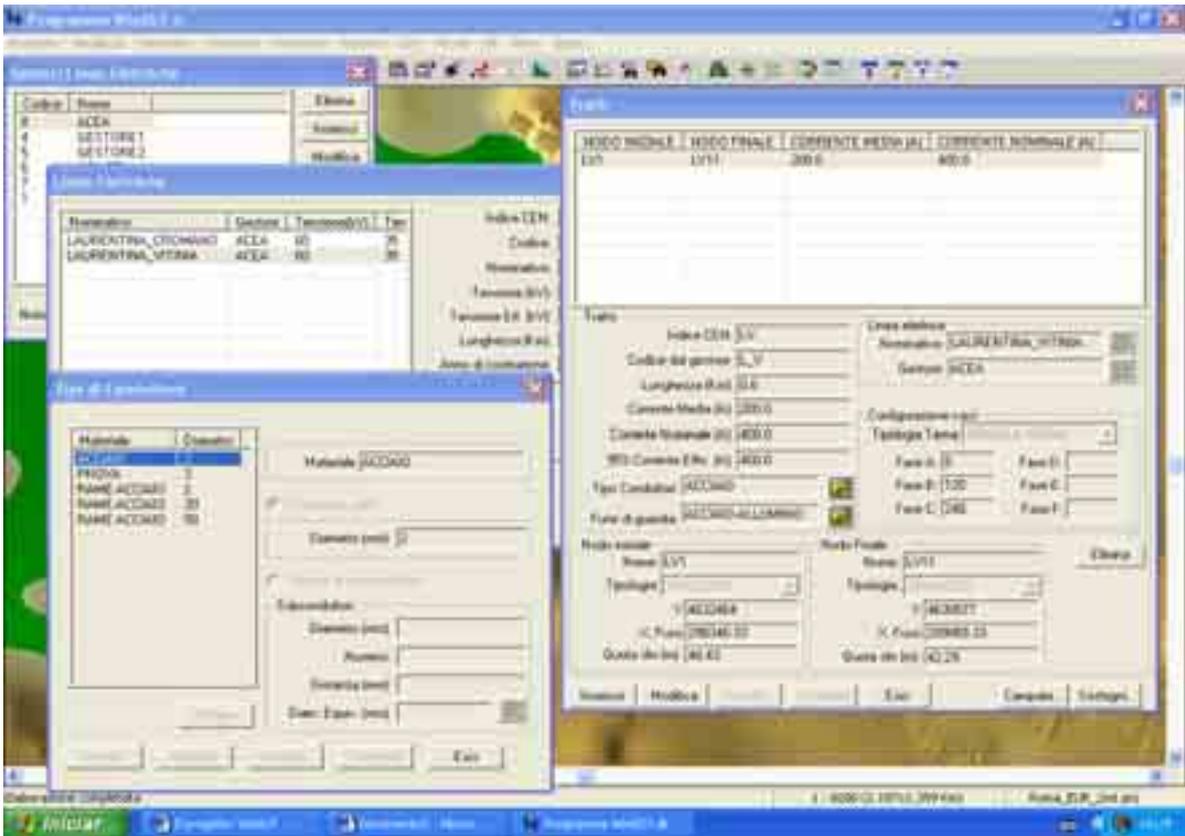


Fig.59 - Archivio Tratti, WinEDT.

Alcune considerazioni da fare su questo pannello: vi sono alcuni valori, come per esempio quelle della linea elettrica che sono direttamente gestiti dal programma, quindi non è necessario riscriverle perché sono state già inserite nel database.

4.3.3. Archivio Campate

Questo comando attiva la tabella *Campate* del database ELF, potendo essere attivato:

1° dal Menu Principale, pero in questo caso è riportato tutte le campate presenti in database.

2° Direttamente della Tabella Tratti, in primo luogo si seleziona la linea in analisi e poi il tasto *Campate*, così sono riportati solamente le campate della linea in questione. La prima volta che si vogliono inserire i dati della campata è necessario usare il pulsante inserisce e compilare i dati delle campate che compongono la linea elettrica.

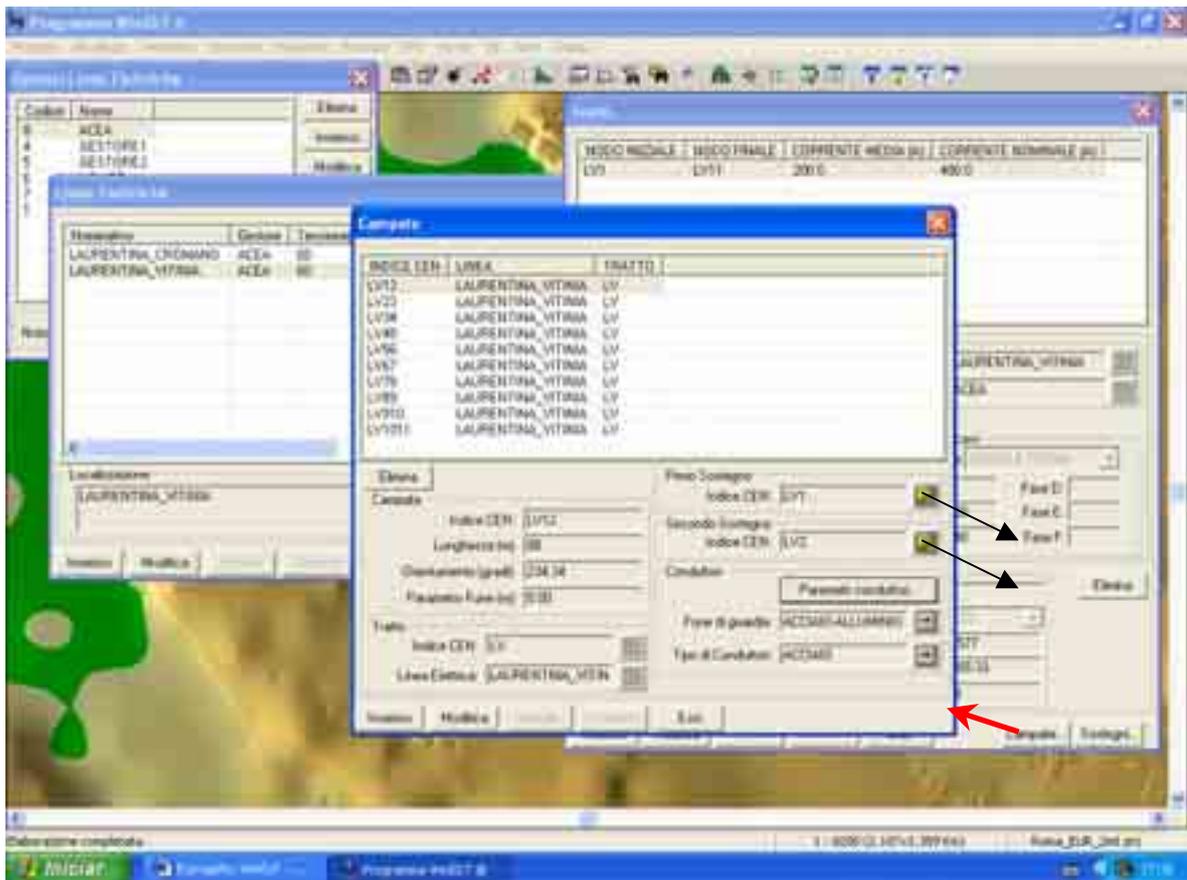


Fig.60 - Archivio Campate, WinEDT.

In questo pannello sono inserite tutte le campate che compongono la linea elettrica. Per inserire la prima campata, si usa il pulsante *inserire* e nella casella dell'Indice CEN si nomina la campata, che di solito prende il nome del primo e successivo sostegno, come si può vedere dal pannello:

Ex: Indice CEN LV12, significa che questa prima campata è costituita da primo sostegno (LV1) e dal successivo sostegno (LV2).

In seguito viene richiesto la lunghezza della campata. Questo valore è eseguito automaticamente dal sistema e riporta la lunghezza calcolata a partire dalla posizione di LV1 e LV2. Questo calcolo è effettuato lungo l'arco di geodetica proiettata, senza tener conto della quota. Quest'operazione è eseguita quando s'introduce per la prima volta i dati ed è aggiornata automaticamente una volta che il dato è modificato. In ogni caso questo valore di lunghezza delle campate è riportato solo a scopo indicativo, visto che negli algoritmi di calcolo con implicazioni geometriche, è richiesta la definizione posizionale della catenaria e si tiene in considerazione la posizione effettiva, in quota, dei sostegni e dei punti di sospensione dei conduttori.⁴¹

⁴¹ WinEDT

Un altro valore che è calcolato in automatico è l'orientamento geografico in gradi per la campata selezionata. Il valore successivo che si presenta nel *Pannello delle Campate* è la casella *Parametro Fune*, che riporta il valore del parametro di tensione per la Fune di Guardia, espresso come rapporto tra il valore della tensione e quella della forza peso per unità lineare della Fune stessa e ha le dimensioni fisiche di una lunghezza che viene indicata in metri.⁴¹ Questo valore è stato calcolato perché è fondamentale alla finalità dei calcoli.

Nella *sottofinestra tratto* i dati sono introdotti automaticamente dal sistema. Nella seguente sottofinestra, del Primo Sostegno e Secondo Sostegno è chiesto l'Indice CEN del primo e successivo sostegno della rispettiva Campata, in questo caso bisogna aprire la cartella della rispettiva casella e introdurre i sostegni appartenenti alla campata in questione. Prima ancora nella *sottofinestra interna Conduttori*, usando il tasto *Parametri Conduttori* si apre il seguente pannello:



In questo pannello s'introducono i valori del parametro di tensione per le fasi che compongono il Tratto delle Campate in esame, ciò è espresso come il rapporto tra il valore della tensione e quello della forza peso per unità lineare dei conduttori utilizzati. E' indicato in metri perché ha la dimensione fisica di una lunghezza.⁴¹

In questo caso siccome le configurazioni delle cave sono a singola terna, solo le caselle che corrispondono alle fasi A, B e C sono resi disponibili per l'inserimento del valore.

Fig.61 - Parametri di tensione dei conduttori di una singola Terna, WinEDT.

⁴¹ WinEDT.

4.3.4. Archivio Sostegni

Questo comando apre la tabella sostegni della base di dati ELF, potendo essere attivata nei seguenti modi:

1° Direttamente dal menu principale, scorrendo il Menu Elf e cliccando su **Archivi Sostegno**.

2° Nel pannello di controllo della **Tabella Tratti** cliccando sul pulsante *Sostegni*.

3° Nel pannello **Campate**, quando si procede all'inserimento dei corrispondenti sostegni della campata del tratto, cliccando sulla cartella rappresentata dalla figura 62, sono presentati i sostegni dello stesso tratto non ancora utilizzati come sostegno.



Fig.62 – cartella presente della tabella “Archivio Campate, nella sottofinestra Primo Sostegno e Secondo Sostegno, WinEDT.

Dato che la prima volta che s’inseriscono i dati dei sostegni, è consigliato usare il primo o il secondo metodo, giacché il terzo metodo fa vedere solo i sostegni non ancora usati, quindi se non esiste ancora nel database nessun’informazione rispetto ai sostegni, non apparirà nessun tipo d’informazione. In questo caso abbiamo usato il secondo metodo aprendo il seguente pannello:

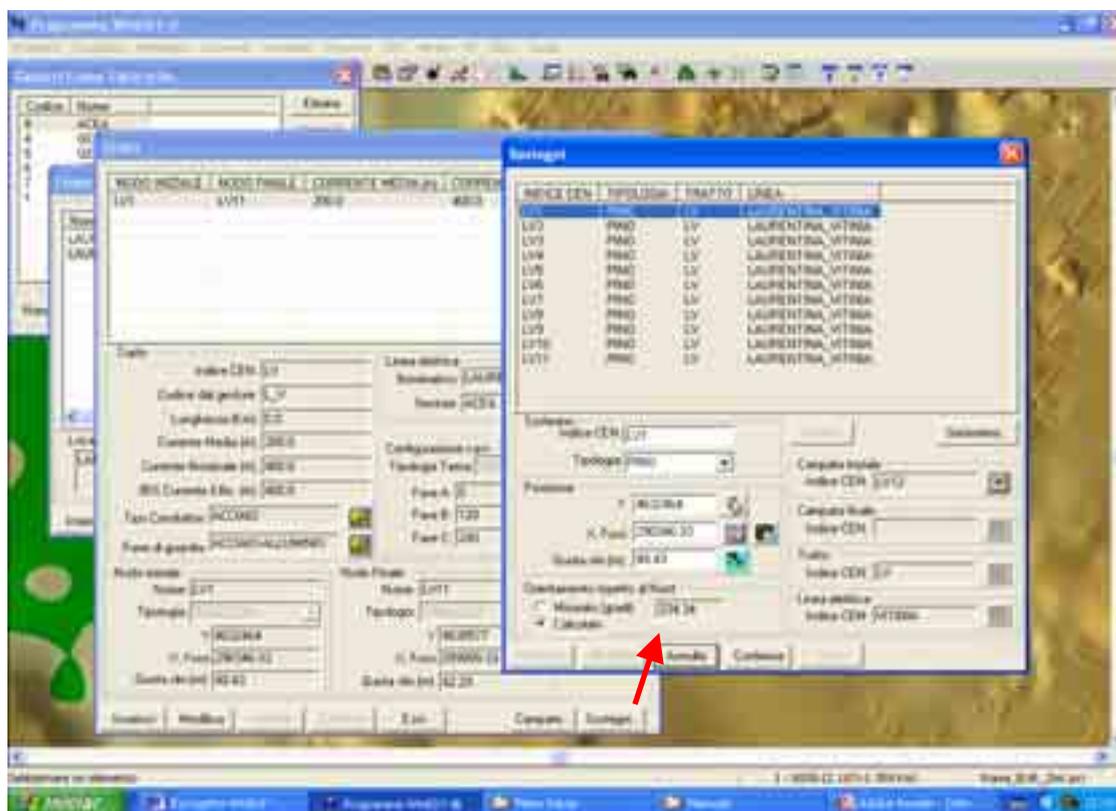


Fig.63 - Archivio Sostegni, WinEDT.

In questo pannello s'inserisce prima di tutto l'Indice CEN, che deve essere in consuetudine con gli altri attributi, una volta che si tratta di un sostegno della linea elettrica Laurentina Vitinia, si è deciso di nominare il primo sostegno con LV1 e così successivamente, fino all'ultimo sostegno, LV11.

Dalle quattro tipologie disponibili nel sistema (a Delta, a Doppia Terna, a Pino e a Terna Singola), tutti i sostegni che compongono la linea elettrica Laurentina Vitinia, sono a Pino, come si può vedere dalla figura 64.



Fig.64 - Sostegno LV4 a Pino.

La sottofinestra **Posizione** riporta i parametri geografici del Sostegno che dovrà essere in precedenza selezionato. Per l'inserzione del valore delle coordinate X e Y, ci sono due modi:

1° Scrivendo direttamente nella casella i valori delle rispettive coordinate.

2° Premendo il tasto  che ci consente d'introdurre interattivamente, con il mouse, le coordinate del Sostegno selezionato.



Questo tasto riporta la quota a terra del Sostegno selezionato, tenendo conto il DEM in uso, in questo caso il modello Roma_EUR_2m (nota: deve essere attivo).Questo valore è calcolato direttamente dal sistema.

Nella sottofinestra interna **Orientamento rispetto al Nord** viene misurato o calcolato l'orientamento del sostegno. Se un Sostegno appartiene ad una Campata, l'orientamento è quello della congiungente i due estremi della Campata stessa. Se invece, come di norma, appartiene a due Campate, l'orientamento è determinato dalla bisettrice

dell'angolo formato da queste due ultime Campate. In questo caso è stata usata la possibilità *misurato* e questa è calcolata automaticamente dal sistema.

Il pulsante **Geometria**, presente nel Pannello **Sostegni** fa apparire un sottopannello della Geometria del Sostegno, com'è visualizzato nella figura successiva. Per questo conduttore vanno specificate le quote desumibili dallo schema e l'associazione alla fase che gli sarà attribuita.

Nella sotto finestra **Campate iniziale** e **Campate finale** s'inseriscono le campate dei rispettivi sostegni che sono già state introdotte.

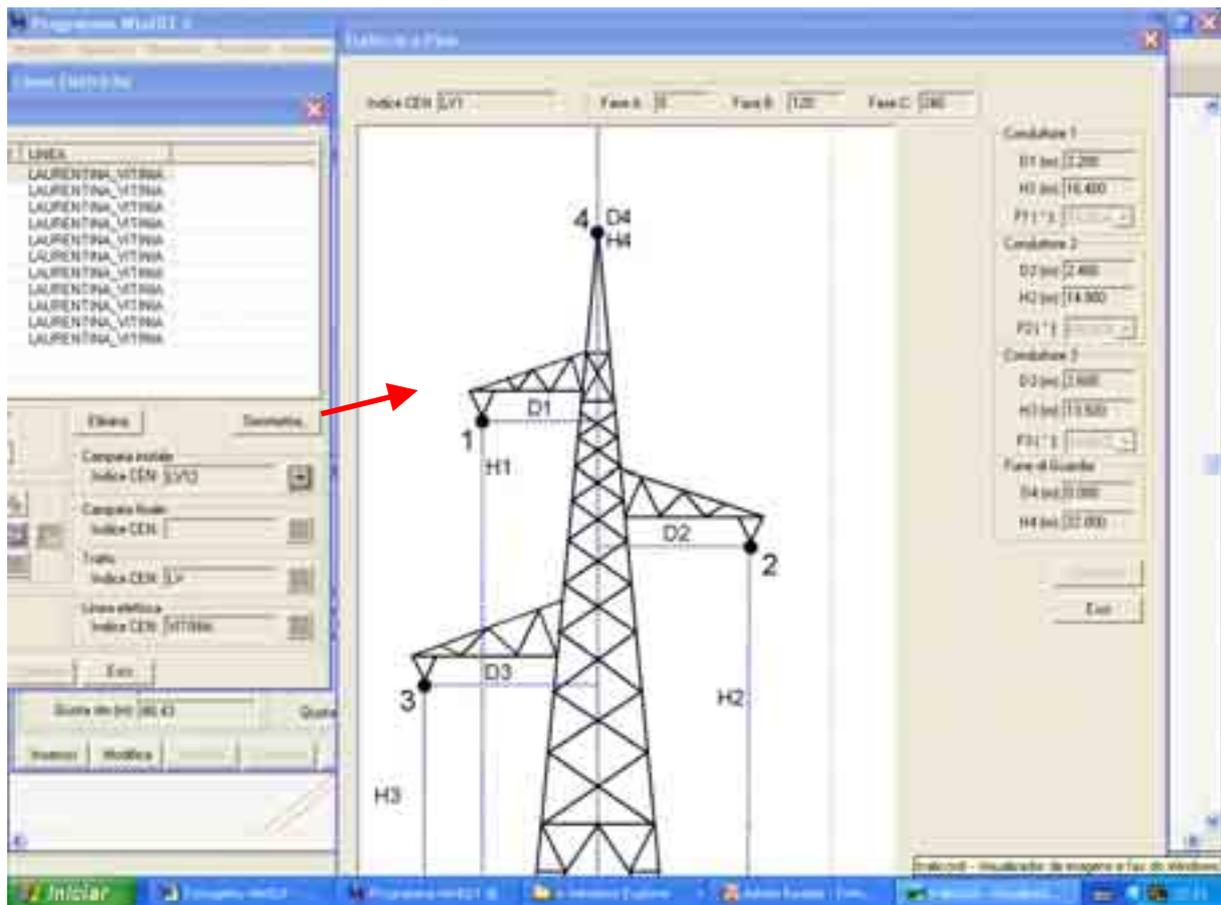


Fig.65 - Geometria del Traliccio a Pino, WinEDT.

4.3.5. Nel Menu ELF è disponibile altri due archivi:

- 1- **Archivio Conduttori**
- 2- **Archivio Funi di Guardia**

In questo studio non sono stati usati questi due archivi per via della mancanza di dati, anche se c'è sembrato importante fornire alcune informazioni su questi due parametri.

1- Archivio Conduttori

Visualizza la lista dei *Conduttori* presenti nel database, riportando per ciascuno le caratteristiche del *Materiale* del conduttore selezionato. Una volta attivata il conduttore unico, l'archivio permette specificare il diametro dell'unico conduttore esistente tramite il pulsante *Diametro*.

2 - Archivio Funi di Guardia

Visualizza la lista delle *Funi di Guardia* presente nel data base, riportando per ciascuna il *Codice*, il *Materiale* e il *Diametro*.

4.3.6. Parametri Visualizzazione

Questo è un parametro tematico che facilita la visualizzazione delle linee elettriche, consone il *Range di Tensione*.

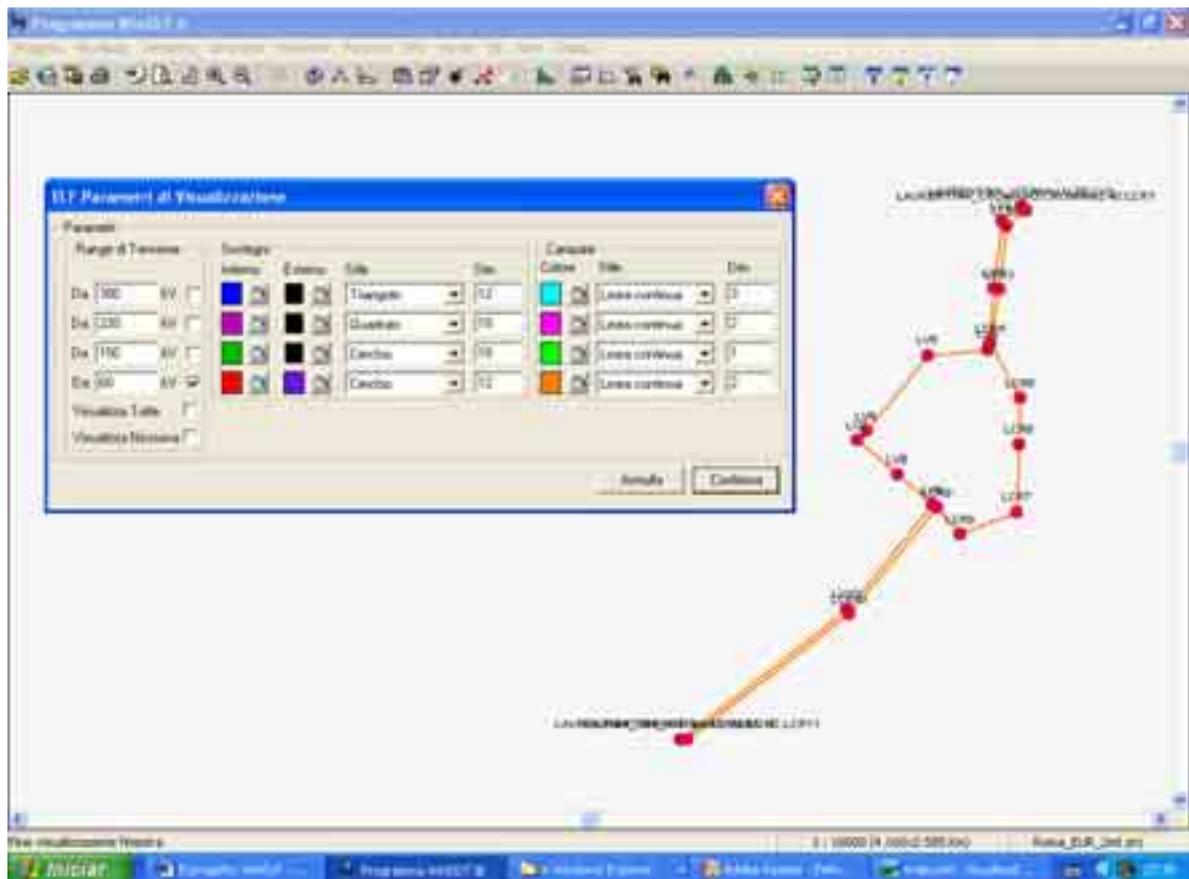


Fig.66 - Parametri di visualizzazione, WinEDT.

Alla fine dell'inserimento dei dati della linea elettrica, delle Campate e dei sostegni, nel Menu ELF abbiamo l'opzione aggiorna visualizzazione, usando quest'opzione visualizziamo tutte e due le linee elettriche inserite nel database, con i rispettivi sostegni e campate, tal come i suoi nomi.

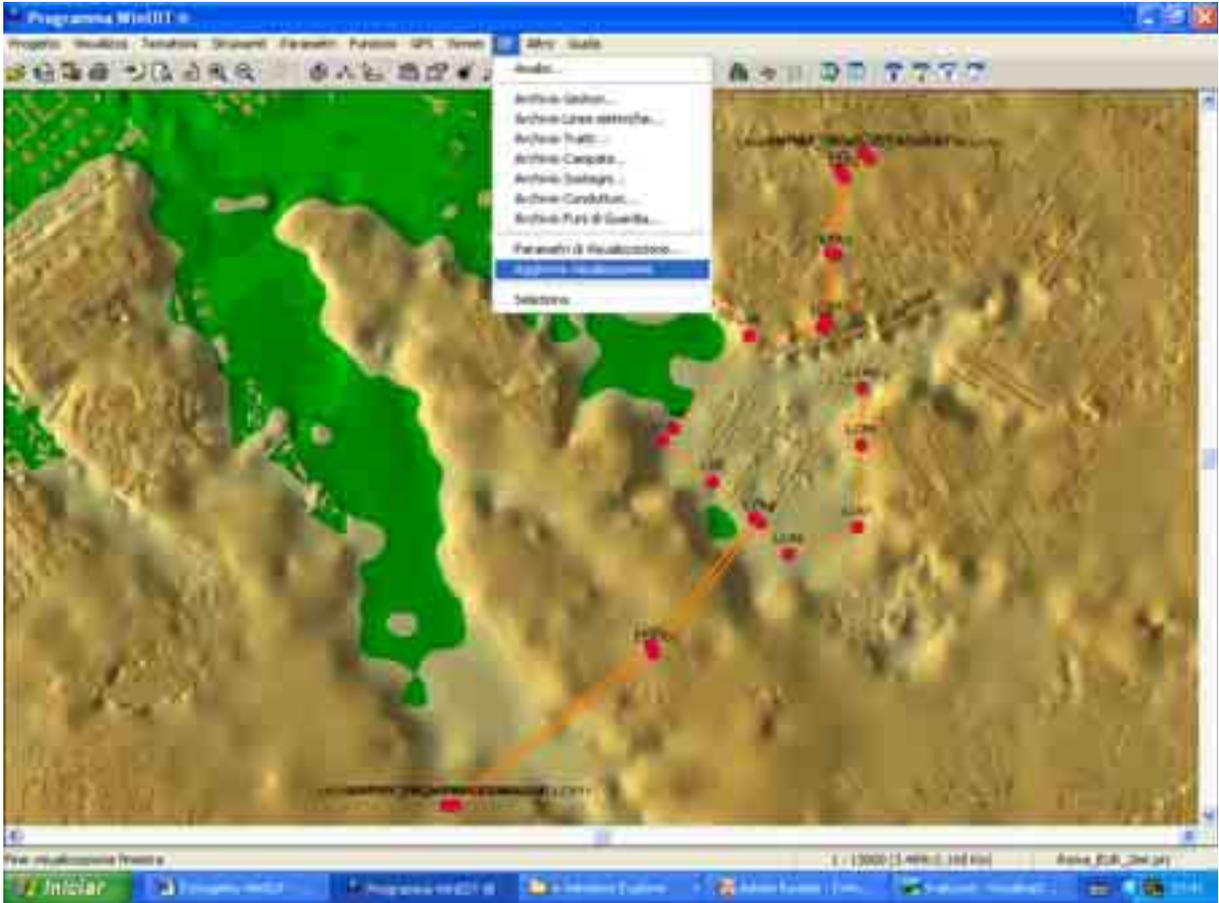


Fig.67 – ELF ANALISI, WinEDT.

4.3.7. Menu ELF Analisi

In condizioni statiche, un campo magnetico è una regione di spazio estesa intorno ad un oggetto percorso da corrente elettrica (detto sorgente del campo), nella quale si manifestano forze su altri oggetti percorsi da corrente elettrica. Il campo magnetico può essere descritto mediante un vettore \underline{B} (detto densità di flusso magnetico, o anche induzione magnetica) definito in maniera un po' complessa, ma in ogni caso riconducibile alla forza che in ogni punto della regione di spazio si manifesta su una corrente elementare che venga posta in quel punto; l'intensità dell'induzione magnetica si misura in tesla (T).⁴²

Il campo magnetico disperso da un elettrodotto nell'ambiente può essere calcolato. Per il calcolo del campo magnetico si è utilizzato il comando ELF ANALISI. Dopodiché si sono fornite le informazioni all'archivio ELF, della tensione della corrente delle linee, disposizione dei conduttori e tutti gli altri fattori sopra spiegati si è proceduto alla valutazione del campo magnetico per entrambe le linee, che sarà più o meno accurata secondo il grado di corrispondenza della situazione reale e alle schematizzazioni adottate nel modello.

Per mitigare il campo magnetico generato da una linea elettrica è necessario agire sulle correnti, giacché la schermatura mediante materiali ad alta permeabilità e/o conducibilità non è una soluzione praticabile per i campi magnetici a frequenza industriale.

Le grandezze che determinano l'intensità e la distribuzione del campo magnetico nello spazio circostante ad un elettrodotto che sono state prese in considerazione in questo studio sono fondamentalmente:

- 1. Intensità delle sorgenti** (correnti di linea)
- 2. Distanza dalle sorgenti** (altezza dei conduttori)
- 3. Disposizione e distanza tra le sorgenti** (distanza mutua tra i conduttori di fase), per questo ultimo aspetto, non è stato preso in considerazione anche perché i dati che riguardavano questo aspetto non erano 100% affidabili.

Esempi di variazione del campo magnetico, conseguenti alla modifica di queste grandezze sono state analizzate mediante le seguenti analisi.

L'influenza dei primi due fattori si evince immediatamente dalla legge fondamentale di Biot- Savart: il campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità della corrente e inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente. Il terzo fattore, che può avere un peso significativo, entra in gioco per il fatto che il sistema di trasmissione è trifase, cioè composto da una terna di correnti di uguale intensità ma sfasate nel tempo (nel caso

⁴² http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/ifact/it_181.htm.

generale di terna di correnti simmetrica ed equilibrata, la somma vettoriale delle correnti è nulla in ogni istante).⁴³

“Il campo magnetico in ogni punto dello spazio circostante è dato dalla composizione vettoriale dei contributi delle singole correnti alternate, ne deriva un effetto di mutua compensazione di tali contributi tanto maggiore quanto più vicine tra loro sono le sorgenti, fino ad avere una compensazione totale se le tre correnti fossero concentriche. Per le linee aeree, la distanza minima tra i conduttori è limitata alla necessaria distanza di isolamento tra le fasi (dell'ordine di alcuni metri) e dipende dalla tensione di esercizio, mentre per le linee in cavo (con isolante solido) tale distanza può essere dell'ordine di 20-30 cm, con un abbattimento sostanziale del campo magnetico a pochi metri di distanza”⁴³

Prima di effettuare il calcolo del Campo Magnetico si è reso interessante riportare alcune caratteristiche del comando d'analisi del Campo Magnetico del WinEDT/EL

Questo pannello di comando è composto da quattro comandi e si rende opportuno fare una piccola spiegazione.

4.3.7.1. Selezione Campate

Questo comando dà la possibilità di selezionare la Campata che vogliamo analizzare, oppure un insieme di Campate. Selezionando il pulsante *zona*, andiamo direttamente sulla finestra progetto dove si può selezionare l'area che si vuole analizzare. È permesso anche, avendo le coordinate della/e Campate, scrivere direttamente la longitudine e latitudine del vertice Ovest e di quel Nord Est della Zona rettangolare in analisi.

Nella sottofinestra *Range di Tensione* possiamo indicare il valore massimo e minimo, in Kilovolt, dell'intervallo di tensione delle Campate in analisi.

Il pulsante *Ricerca*, attiva la ricerca nel data base ELF delle Campate che concordano con i criteri di selezione impostati con gli altri controlli presenti sul pannello. Tutti i record trovati nel data base sono presentati nella lista. Ci sono due tipi di ricerca di visualizzazione di Campate, la prima, selezionando la scelta *Tutte da Archivio* che presentano tutte le Campate che sono nel Data Base del ELF, la scelta *Selezionate* è preferita quando viene a priori realizzata un'operazione di selezione.

⁴³ http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/ifact/it_181.htm

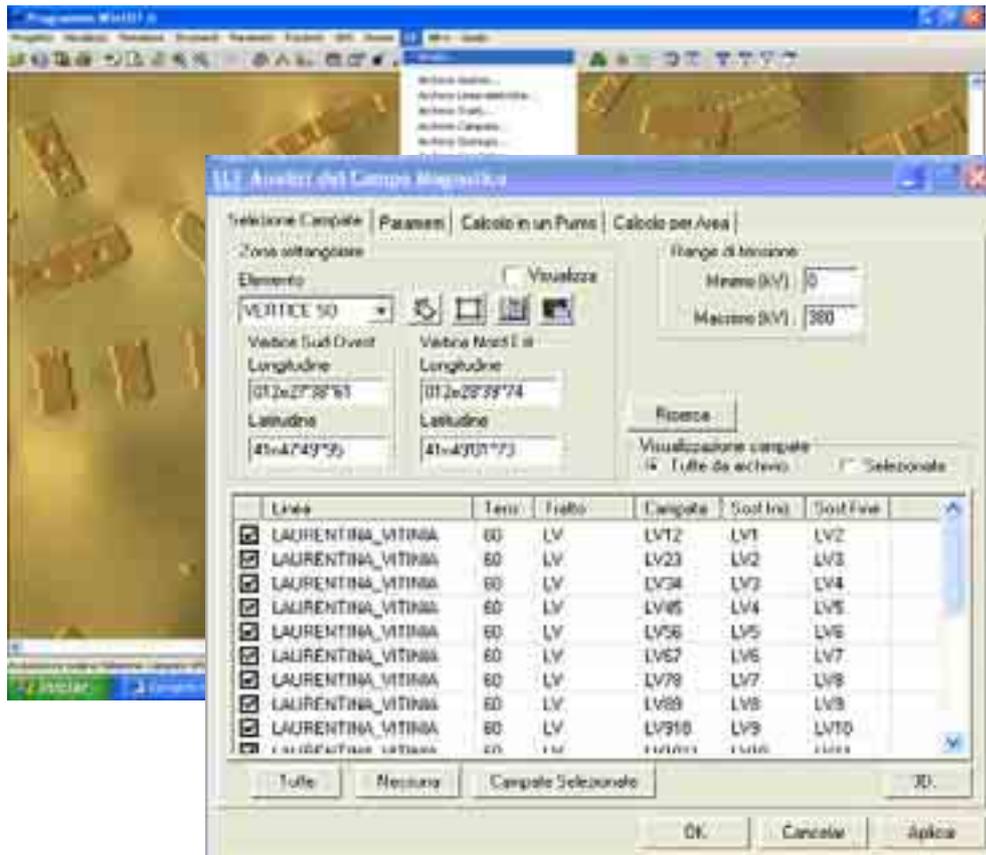


Fig.69 - ELF Finestra di Comando di Analisi del Campo Magnetico, WinEDT.

Il calcolo per area gestisce la valutazione del campo magnetico in aree d'estensione che possiamo gestire tramite il pulsante *Zona*. Scelta la zona che vogliamo analizzare ci sono altri parametri che si devono definire. Questi sono: Parametri di Calcolo (secondo la Norma CEI 211-4 che è la "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", in vigore dal 1 ottobre 1996, che a sua volta è basata sul più ampio e esauriente rapporto CIGRE "Electric and magnetic fields produced by transmission systems", redatto dal Working Group 36-01 (Interference and Fields) del 1980.), il Range massimo per Campata (in metri), la modalità di somma dei contributi di tratti diversi, la corrente media e alcuni parametri di visualizzazione relazionati con la scelta della scala e la opacità del modello del terreno.

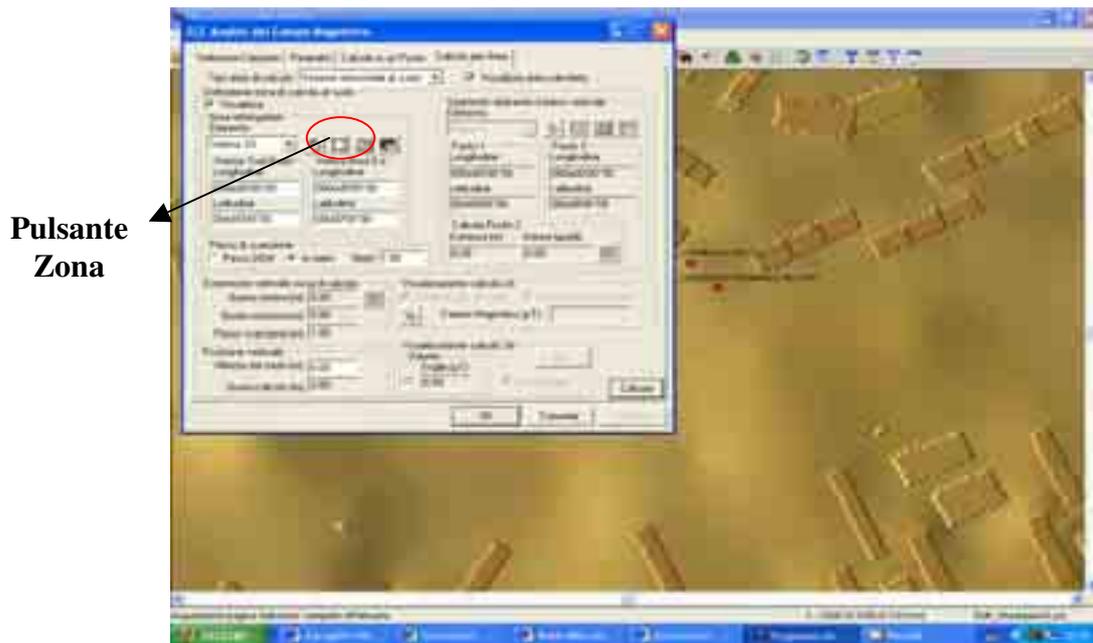


Fig.70 – ELF Analisi del Campo Magnetico, selezione della area in analisi, pulsante “zona”, WinEDT.

Sono calcolati in composizione vettoriale e solo al termine viene valorizzato il modulo del campo restante, in caso della differenza di fase tra le linee dei diversi elettrodotti essere NULLA.

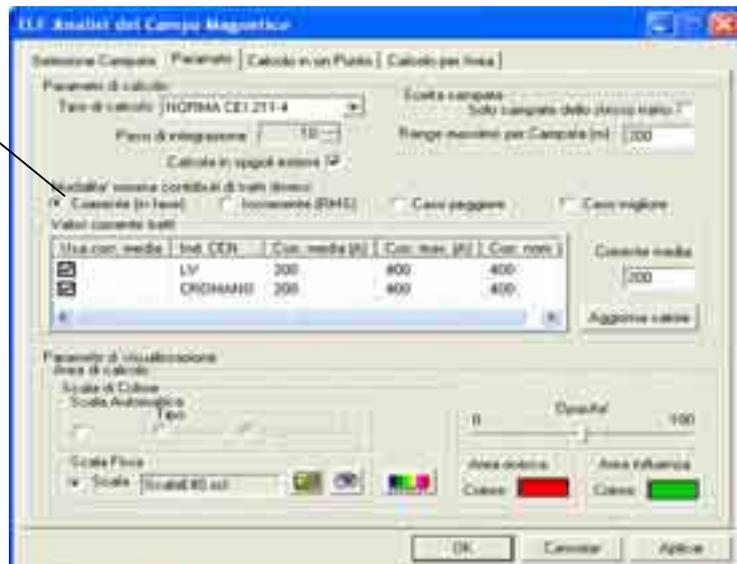


Fig.71 - Modalità di somma dei contributi di tratti diversi, WinEDT.

4.3.7.2. Metodologia d'analisi

In primo luogo si è generata una mappa di tutta l'area, con i livelli di campo magnetico simulati da tutti gli elettrodotti presenti sul territorio. Tale rappresentazione, pur limitata a livello tecnico, è dovuta alla bassa risoluzione dell'informazione e risulta utile perché ci fornisce una prima idea della situazione generale e può essere importante per la diffusione dell'informazione alla popolazione, che deve conoscere in modo semplice i livelli di campo magnetico presenti nella sua abitazione. Questa prima analisi fa un inquadramento generale dei possibili punti critici. La seguente tabella XII riporta il numero d'edifici impattati mediante la soglia definita ad un'altezza del suolo di 2 metri. Si può vedere che a una soglia di 0.02 a 0.25 uT 95% dei edifici in questione sono influenzati dal campo magnetico emesso dalle due linee in studio. Nonostante alcuni studi della OMS che parlano di una soglia epidemiologica che doveva essere inferiore a 0,2 uT negli effetti a lungo termine, in questa analisi si è scelto di prendere in considerazione solo gli edifici impattati a una soglia superiore a 0.2 ut, che è la soglia adottata da alcuni enti per gli effetti a lungo termine derivati dai campi ELF. Posteriormente si è tenuto in considerazione degli obiettivi di qualità del DPCM di 8 luglio 2003 che fissa i limiti d'esposizione, i valori d'attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. (*GU n. 200 del 29-8-2003*). L'art. 4. della legge in questione definisce l'obiettivo di qualità che si deve tener conto nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz. Questo valore di qualità dell'induzione magnetica di tre microtesla, è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni d'esercizio.⁴³

NORMATIVA DPCM di 8 luglio 2003	Riferimento di campo magnetico (μ T)
Limiti di esposizione	100
Valori di attenzione	10
Obiettivi di qualità	3

⁴³ DPCM di 8 luglio 2003, (Allegato A).

Campo Magnetico - Soglia	N° di Edifici Impattati
0.02 – 0.25 uT	38
0.25 – 0.40 uT	11
0.40 – 0.50 uT	8
0.50 – 1 uT	7
> 1 uT	5

Tabella XII – Edifici impattati mediante la soglia in analisi.

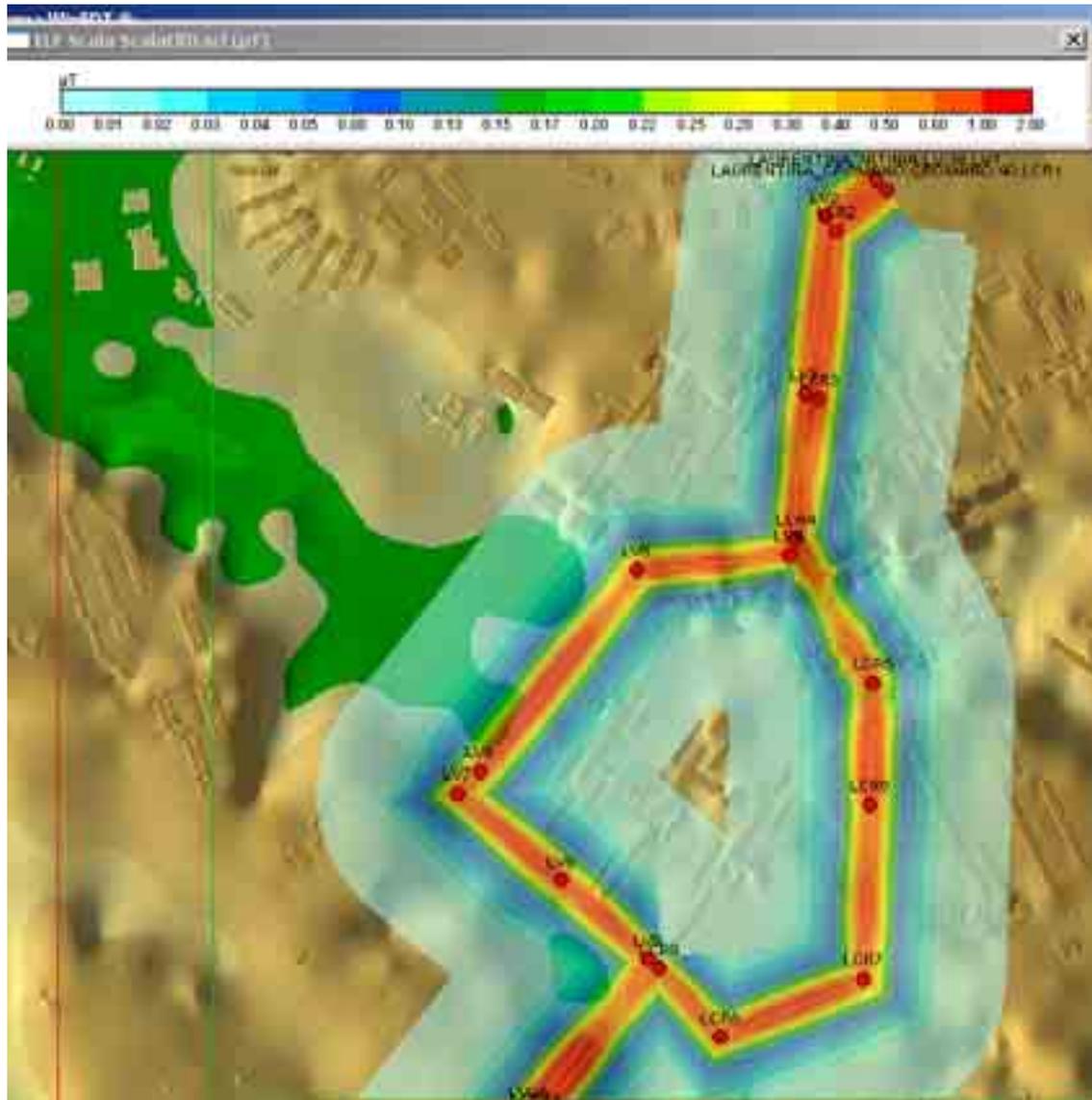


Fig.72 - Inquadramento geografico dei possibili edifici a rischio dell'Impatto del campo Magnetico, WinEDT.

Per ultimo si è realizzato il calcolo dei livelli di campo magnetico nei punti trovati critici. Da quest'analisi si sono prodotte delle immagini grafiche tridimensionali.

Riportiamo nelle figure successive la rappresentazione tridimensionale dell'area interessata dai calcoli. I colori della scala che rappresentano i diversi campi magnetici calcolati sono alcune volte diverse, perché sono usate scale diverse, in modo a visualizzare in modo più efficace i diversi campi. In generale si sono usate due scale, un'automatica, generata in automatico dal programma mediante i valori del campo magnetico calcolato nel singolo esempio e altra scala fissa. Le scale fisse usati sono state due, una da 0 a 100 (μT) e altra da 0 a 2 (μT).

Il software permette anche di navigare sopra il modello tridimensionale permettendo diverse osservazioni secondo il punto in cui si trova l'osservatore. Il 3D é uno degli aspetti fondamentali di quest'applicazione, perché facilita la rappresentazione dell'ambiente e dei risultati, giacché si hanno diverse percezioni mediante il punto d'osservazione. Il 3D è sfruttato a pieno nella simulazione dei calcoli volumetrici perché é possibile impostare il punto d'osservazione desiderato o altri parametri come l'opacità della superficie, per evidenziare la distanza esistente tra i volumi calcolati e le abitazioni. Sono state elaborate altre simulazioni su piani orizzontali e verticali, di seguito riportati nell'analisi dei cinque punti critici e delle simulazioni effettuate su di un piano verticale e riportate in 3D.

Inquadramento degli edifici impattati ad una soglia superiore a 0.5 microtesla. La prima analisi realizzata è stata quella di identificare la possibile presenza d'infrastrutture come baracche, ponti, muri o qualche infrastruttura che in ogni modo l'impatto del campo magnetico non risulta pericoloso, perché non metteva in pericolo la salute pubblica. Per realizzare quest'analisi è stato sovrapposto al modello digitale del terreno la fotografia aerea ad una risoluzione di approssimativamente 1 metro.



Fig.73 - Visualizzazione dei possibili punti critici, che rientrano nella soglia di 0.40 a 2 microtesla, WinEDT.

4.3.7.3. Calcolo dei Punti Notevoli

La conferma delle aree a rischio è stata realizzata per ognuno degli edifici che entravano nella soglia di pericolo. Quest'analisi ha come obiettivo l'identificazione dei possibili edifici ingannevoli. Il primo punto notevole è stato identificato come una scuola media e quindi un'area molto sensibile all'impatto del Campo Magnetico.

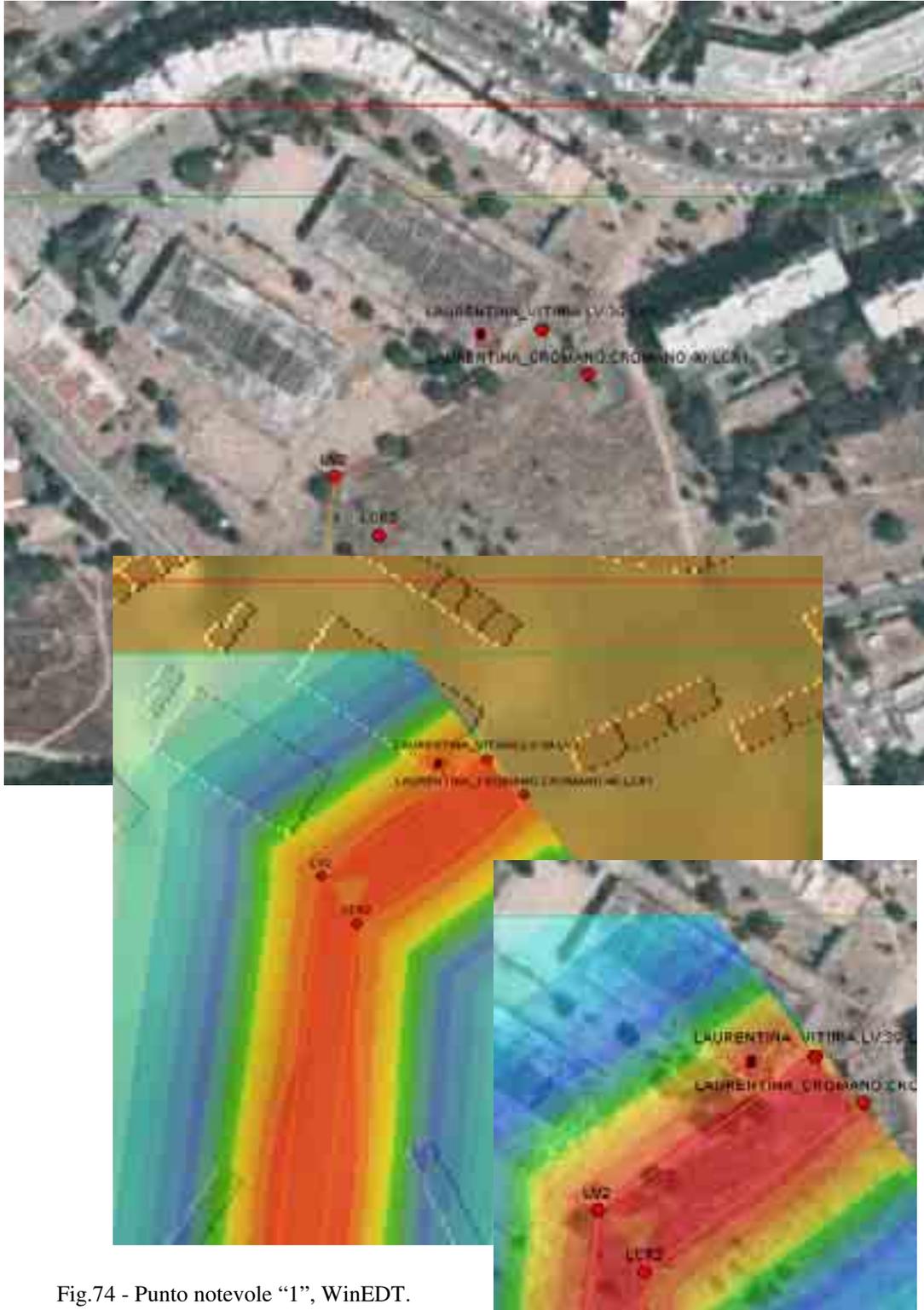


Fig.74 - Punto notevole "1", WinEDT.

La seconda situazione in analisi, si nota dalla sovrapposizione della fotografia aerea, che l'infrastruttura che s'incontra dentro la soglia di pericolo non è sicuramente un
dove si possono svolgere qualche tipo d'attività o abitativo, quindi è stato scartato dalle analisi seguenti.

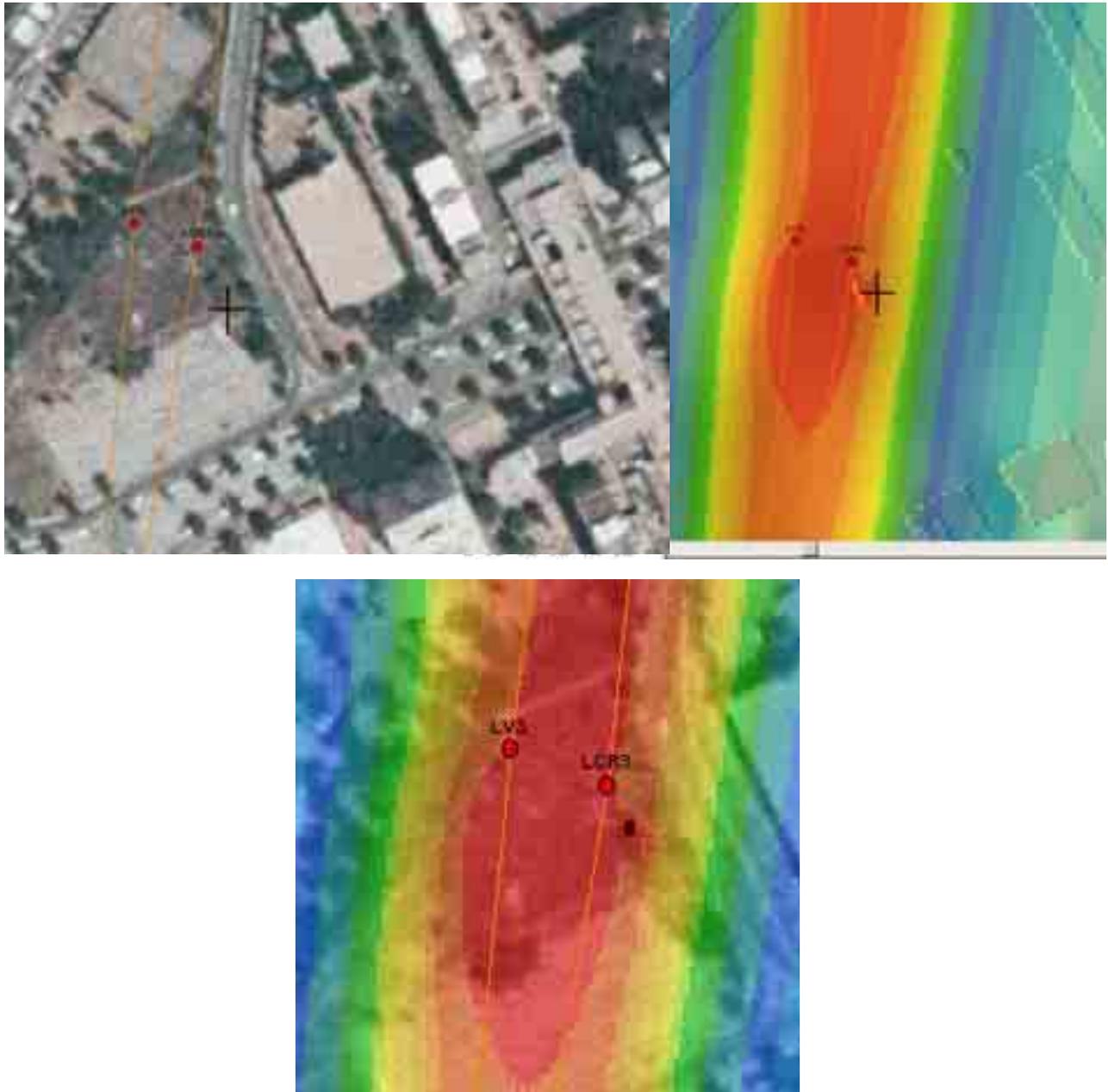


Fig.75 - Punto notevole "2", WinEDT.

I punti notevoli “3”, “4” e “5” rappresentano degli edifici. Il punto “5” rappresenta una scuola elementare e quindi anche qui troviamo una situazione che deve essere analizzata con grande accuratezza.

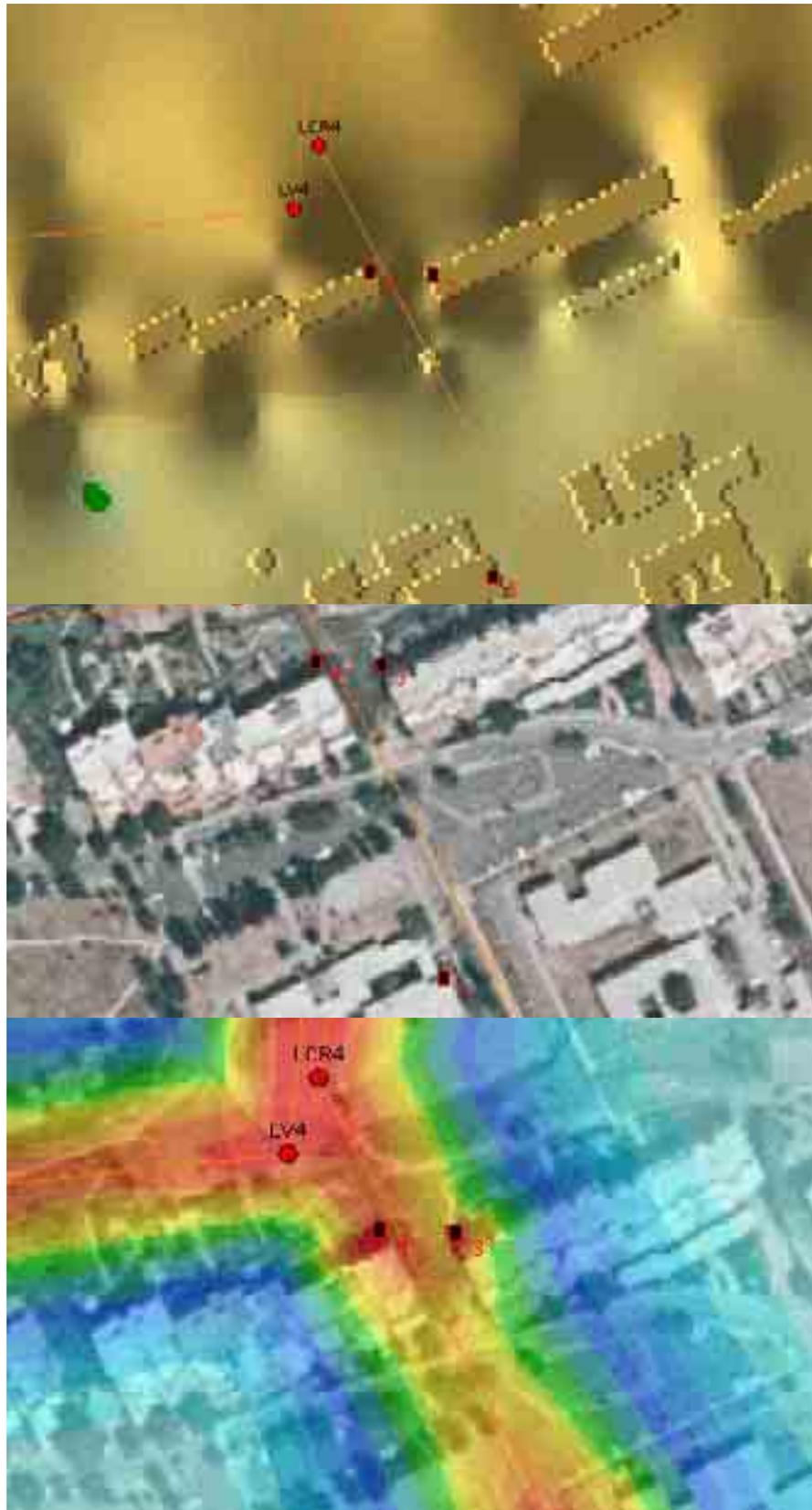


Fig.76 - Punti notevoli “3” e “4”, WinEDT.

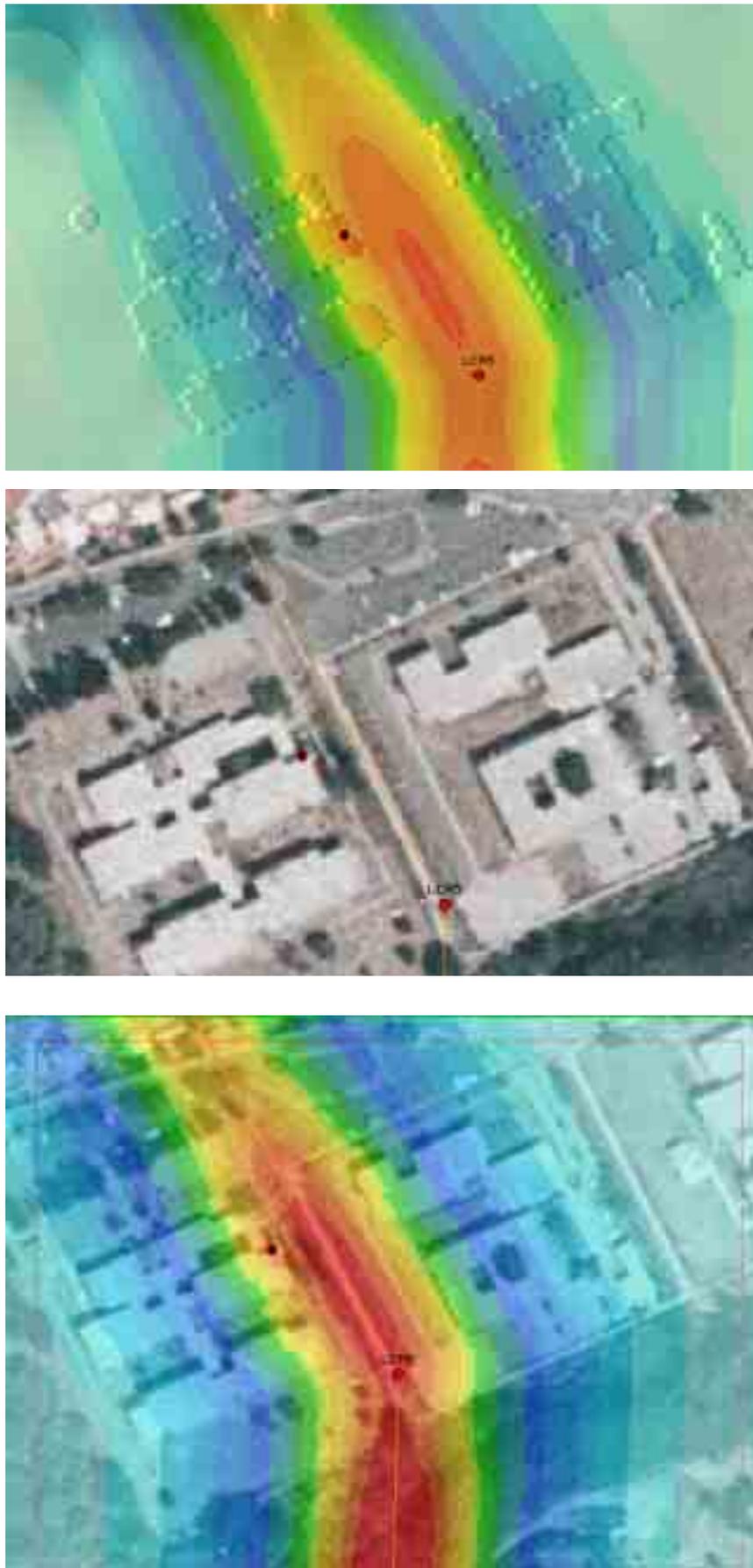


Fig.77 - Punto notevole "5", WinEDT.

Il punto notevole “6”, dalla sovrapposizione della fotografia aerea e con la conferma in campo si è rilevato una specie di baracca d'appoggio all'attività agricola, visto che questa risulta essere un'area agricola, com'è confermato dalla fotografia aerea dove si vede una terra arata all'interno d'alberi.

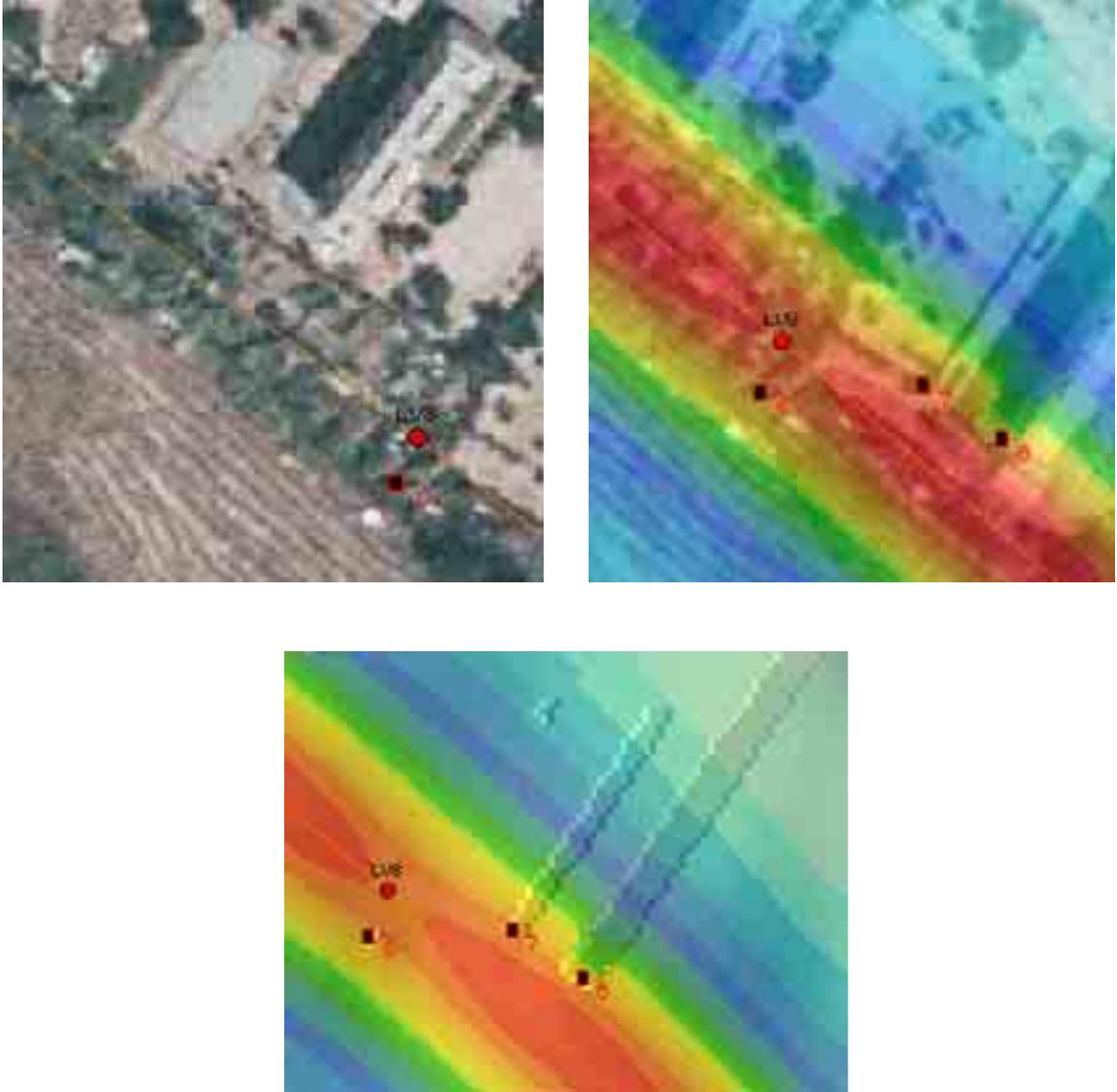


Fig.78 - Punto critico “6”, WinEDT.

I punti notevoli “7” e “8” sono sicuramente due edifici e quindi saranno obiettivo d’analisi più dettagliata nella parte successiva del lavoro.

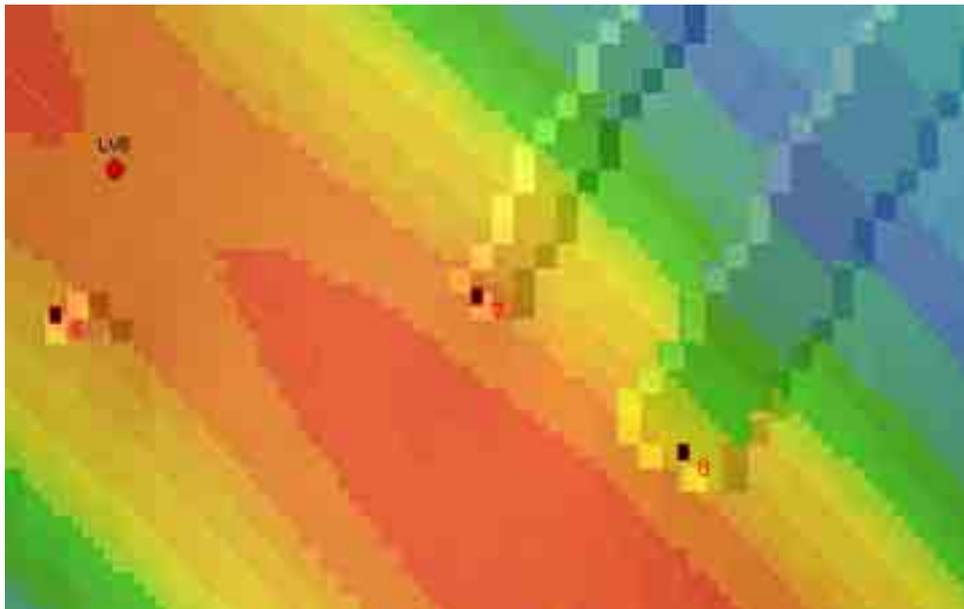
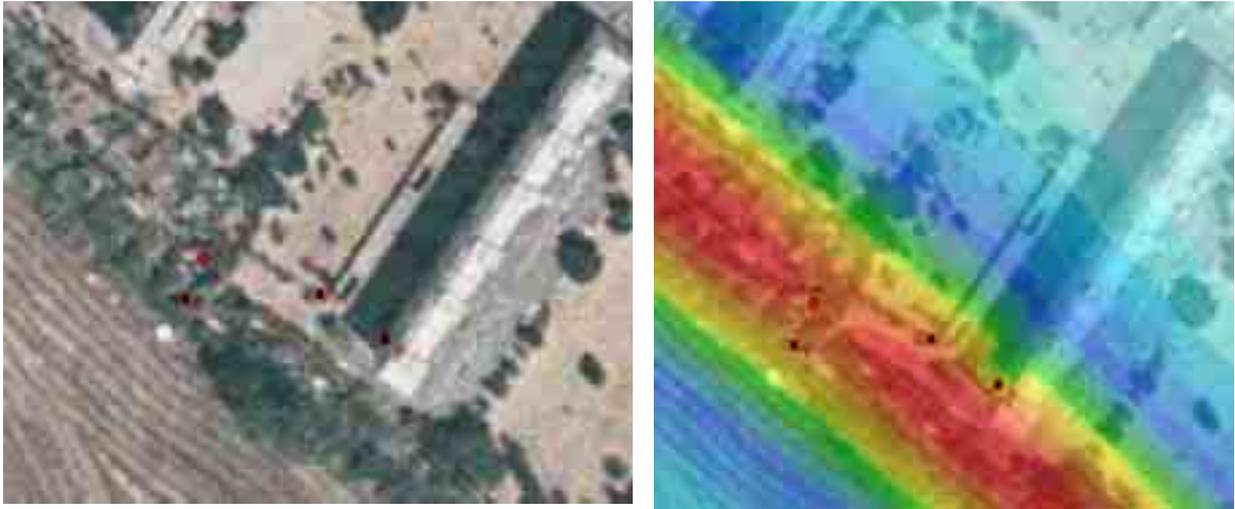


Fig.79 - Punti notevoli “7” e “8”, WinEDT.

Con la sovrapposizione della fotografia aerea possiamo affermare che quest'area è un recinto e quindi non sicuramente un'area dove si possa avere il pericolo di una prolungata o media esposizione al campo magnetico.

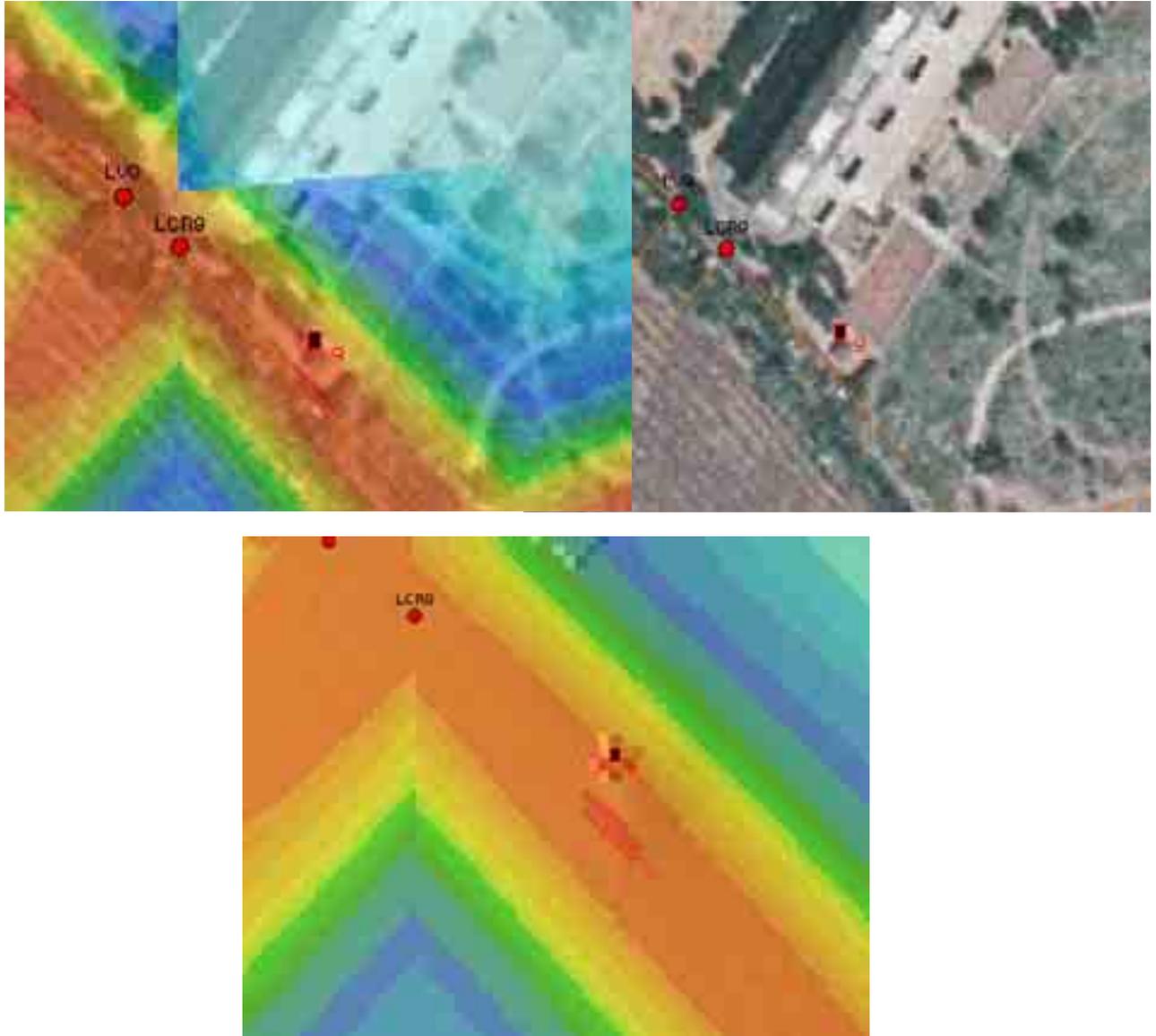


Fig.80 - Identificazione delle possibile area false, Punto critico "9", WinEDT.

Dopo l'identificazione delle nove possibili aree a rischio di esposizione dei campi Magnetici si sono verificate che quattro di loro erano aree dove l'impatto magnetico non risulta essere importante, visto che sono infrastrutture (come ponti, muri, pozzi, baracche e garage) dove non è presente in forma continua la popolazione.

Il prossimo passo sarà quello di fare un'analisi più approfondita delle cinque aree che nella prima analisi sono state identificate come palazzi o scuole e che ultra passavano il valore del campo magnetico di 0.4 micrtotesla.

4.3.7.4. Inquadramento delle cinque aree a rischio

Nome Punto	Longitudine	Latitudine	Quota
1	12e28'32"77,	41n48'56"39	55.29
3	12e28'30"63	41n48'38"91	50.79
4	12e28'29"63	41n48'38"96	50.79
5	12e28'31"56	41n48'35"45	32.70
8	12e28'16"74	41n48'24"44	53.00



Fig.81 - Inquadramento delle aree a rischio d'impatto del Campo Magnetico, WinEDT.

4.3.7.4.1. Calcolo del Campo Magnetico del Punto critico "1"

La prima area in analisi è una area molto sensibile, una volta che il sostegno (LV2) si incontra sensibilmente a meno di 2 metri da un recinto di una scuola media e un centro sportivo per i bambini, e a circa 17 metri dalla infrastruttura. Come affermano diversi studi realizzati da Entità competenti, i bambini sono molto sensibili alle radiazioni del campo magnetico. Diversi studi realizzati per entità accreditate, come l'OMS ⁴⁴ hanno studiato la relazione tra l'effetti del campo magnetico a lungo termine e la leucemia.



Fig.82, 83 e 84 - Fotografie in loco del sostegno LV2.

⁴⁴ <http://www.Who.emf/int>

La distanza della linea elettrica dagli edifici è la seguente: dall'edificio nord la distanza è di 9 metri e dall'edificio sud è di approssimativamente di 18 metri, mentre dal recinto questa distanza è di 2 metri. Nel locale si è verificato che in questa distanza, che va dal recinto all'edificio, che si trova il campo di gioco dei bambini che frequentano la scuola e quindi la sua permanenza in questo spazio sarà sicuramente inferiore alla permanenza dentro l'edificio. Il sostegno LV2 non ha nessun tipo di protezione potendo essere pericoloso per quanto riguarda il rischio d'elettrocuzione.

- Calcolo del Punto ELF:

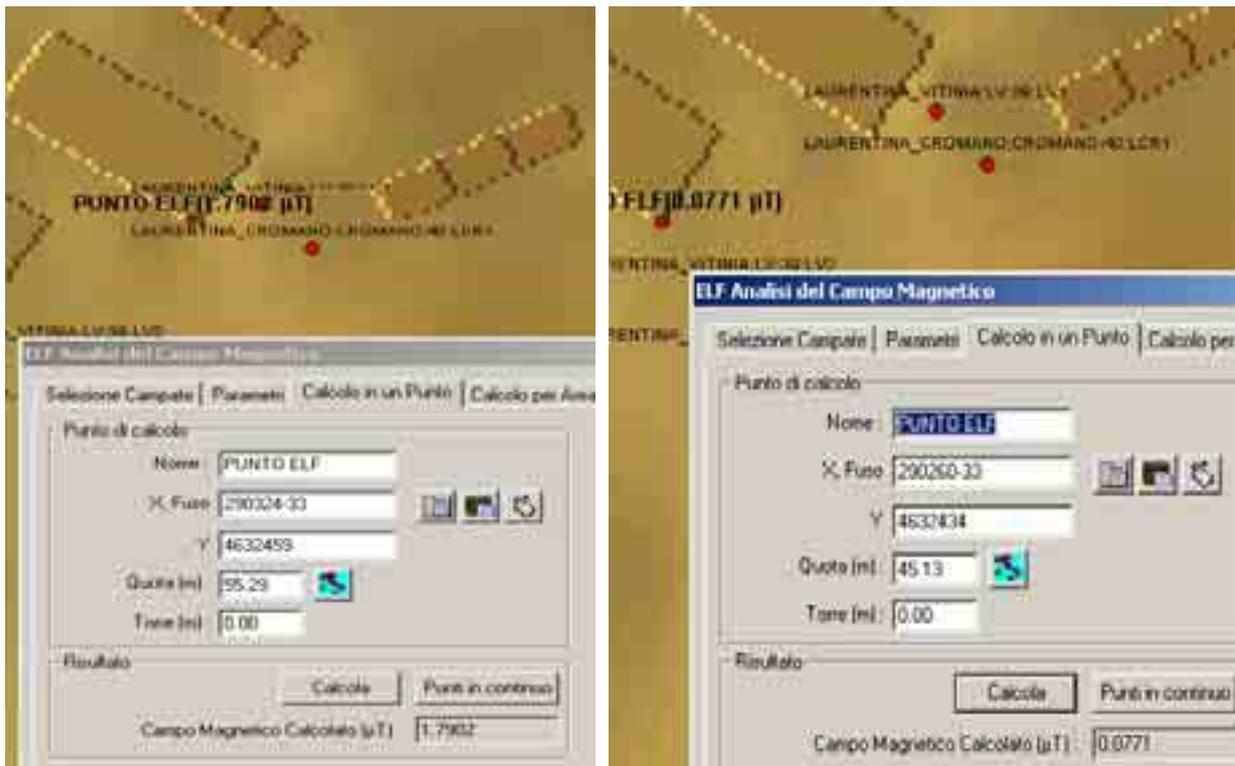


Fig.85 - Calcolo del Campo Magnetico in un punto a una corrente media di 200 Ampere, WinEDT.

Il campo magnetico calcolato per il punto elf rappresentato dalla figura 85 è largamente superiore a quello dell'obiettivo di qualità dettato dalla legge⁴⁵, tenendo conto che il posto è già per sé di estrema pericolosità in quanto vi è una scuola, e il tempo di permanenza in questo locale varierà dalle sei alle otto ore giornaliere. Il valore ad una corrente media di 200 Ampere, attinge il massimo di 1.7 microtesla, mentre ad una corrente media di 400 Ampere, attinge un valore massimo di 3.88 microtesla come si vede dalla figura 86.



Fig.86 - Calcolo del Campo Magnetico in un punto ad una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

⁴⁵ DPCM di 8 luglio 2003, (Allegato A)

Calcolo della sezione verticale assoluta dall'area a 3D, con una corrente media di 200 Ampere rappresentata con una scala automatica. Coordinate Geografiche dei punti scelti per la sezione verticale dell'edificio:

Coordinate	Punto 1	Punto 2
X	290344- fuso 33	290263- fuso 33
Y	4632465	4632520

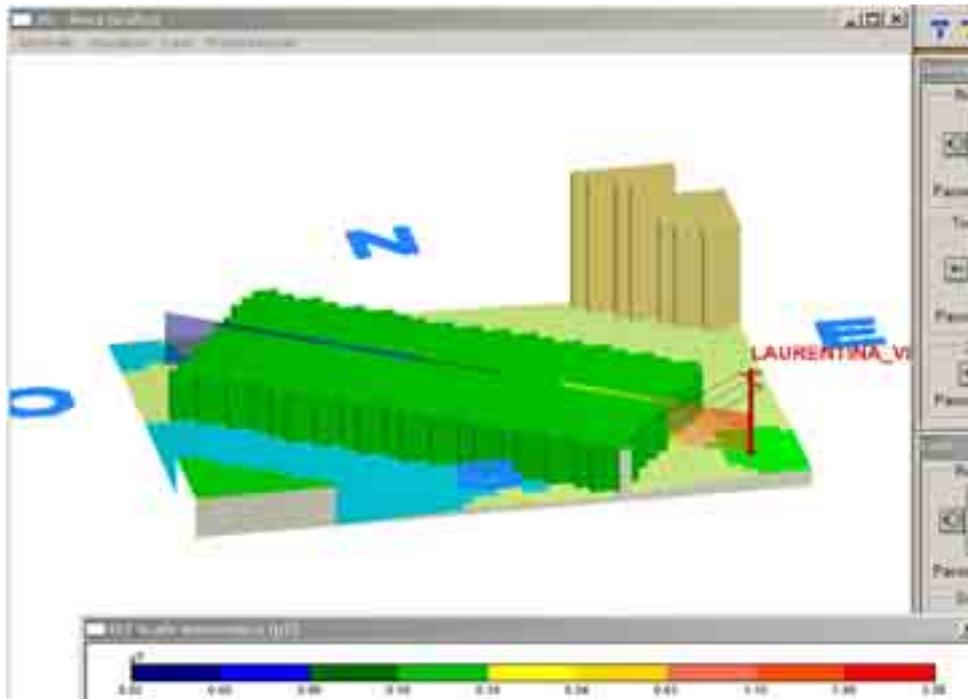


Fig.87 - Calcolo del Campo Magnetico tipo sezione verticale assoluta a una corrente media di 200 Ampere, WinEDT.

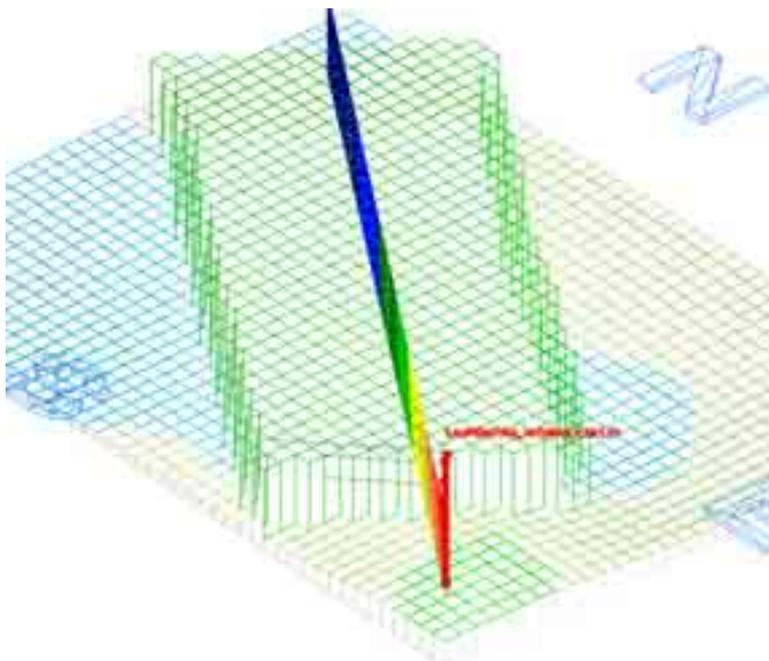


Fig.88 - Rappresentazione a 3D, WinEDT.

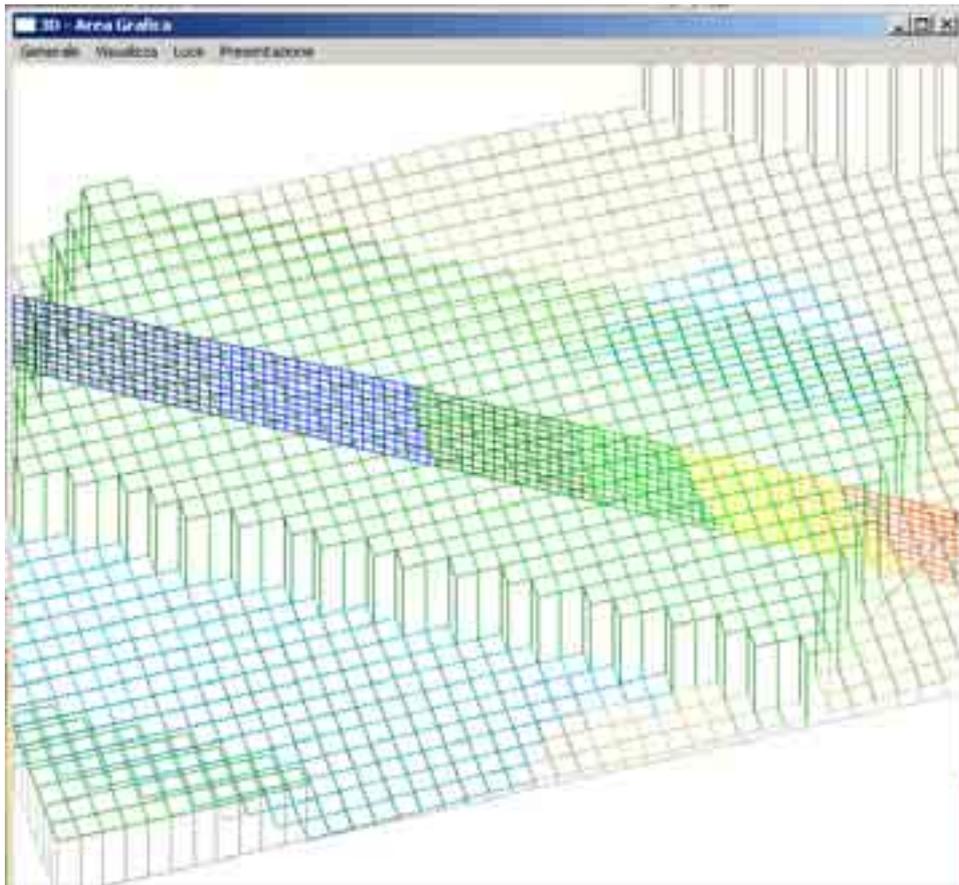


Fig.89 - Rappresentazione a 3D, WinEDT.

La rappresentazione del Campo Magnetico in 3D è fondamentale per lo studio più esatto del possibile impatto del campo magnetico negli edifici. In questo caso mediante la rappresentazione in 3D lineare del Campo al posto delle aree, permette di verificare che la soglia di 0.81 a 1.10 Ut (ad una corrente media di 200 ampere) entra nell'edificio. È qui pertinente esprimere un'altra volta che il campo magnetico, al contrario del Campo elettrico non è riflesso quando incontra una struttura, questo è capace di ultrapassare facilmente quasi qualsiasi tipo di materiale.

Il calcolo del volume prismatico è effettuato in un volume avente sezione orizzontale definita dall'area rettangolare da noi identificata. Quest'analisi si dimostra molto utile per lo studio, visto che permette di visualizzare il campo magnetico impattato negli edifici a soglie che possono essere cambiate dall'utente e che sono immediatamente aggiornate al volume prismatico corrispondente. In questo caso vediamo che a una corrente media di 200 (A), ad una soglia di 0.5 ut l'edificio viene molto impattato, ad una soglia di

2.5 ut l'edificio non viene più impattato dal campo magnetico qui dimostrato dal volume prismatico. Ad una corrente media di 400 (A)

Calcolo del volume prismatico ad una corrente media di 200 Ampere:

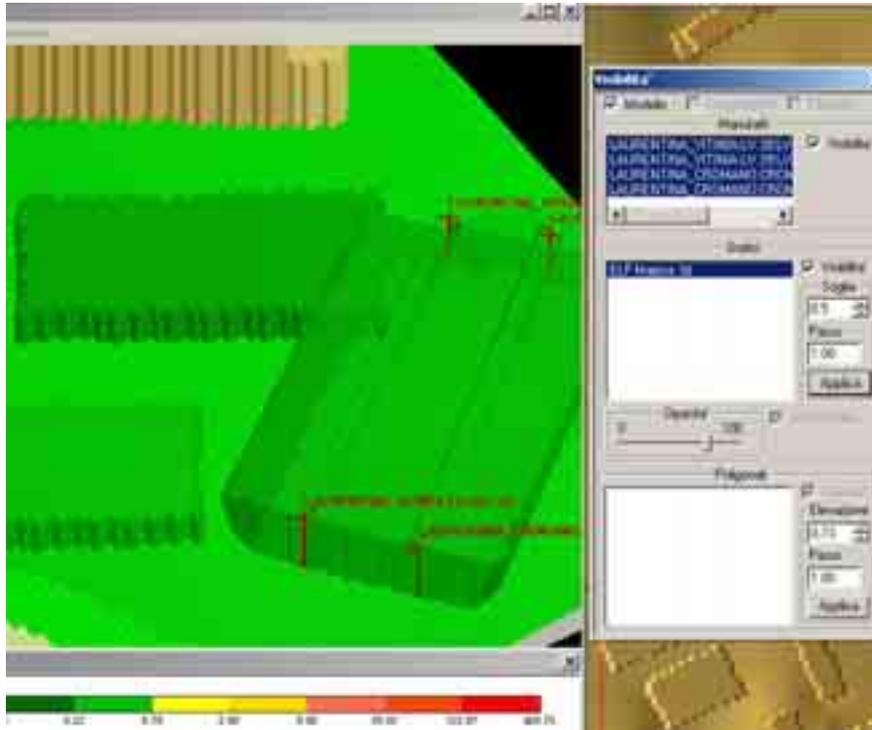


Fig.90 - Calcolo del volume prismatico del CM ad una soglia 0.50 microtesla, ad una corrente media di 200 A WinEDT.

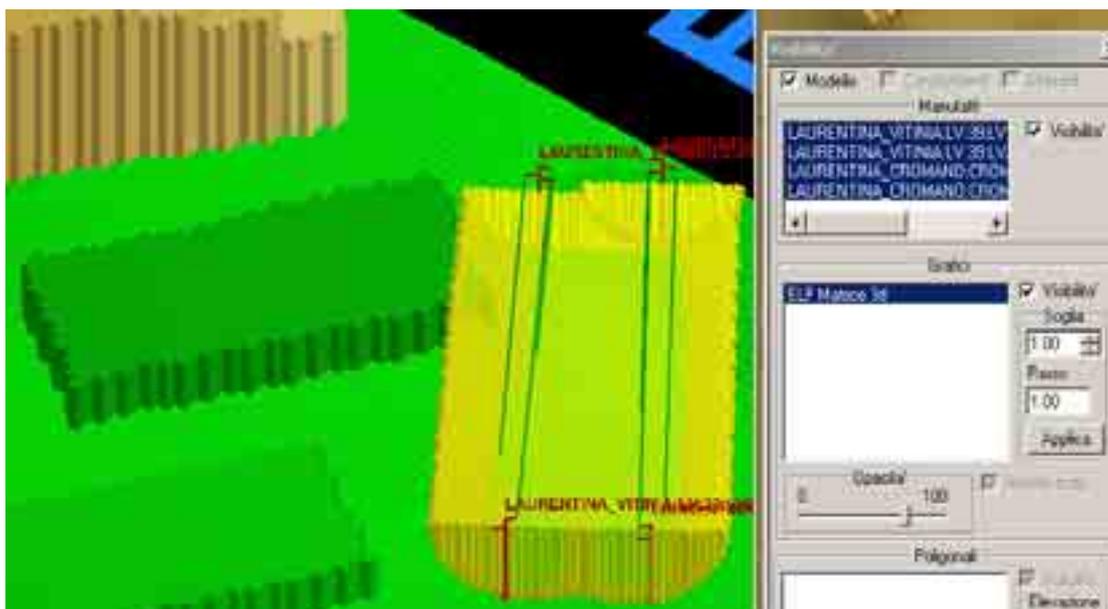


Fig.91 - Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 1 microtesla, ad una corrente media di 200 (A), WinEDT.

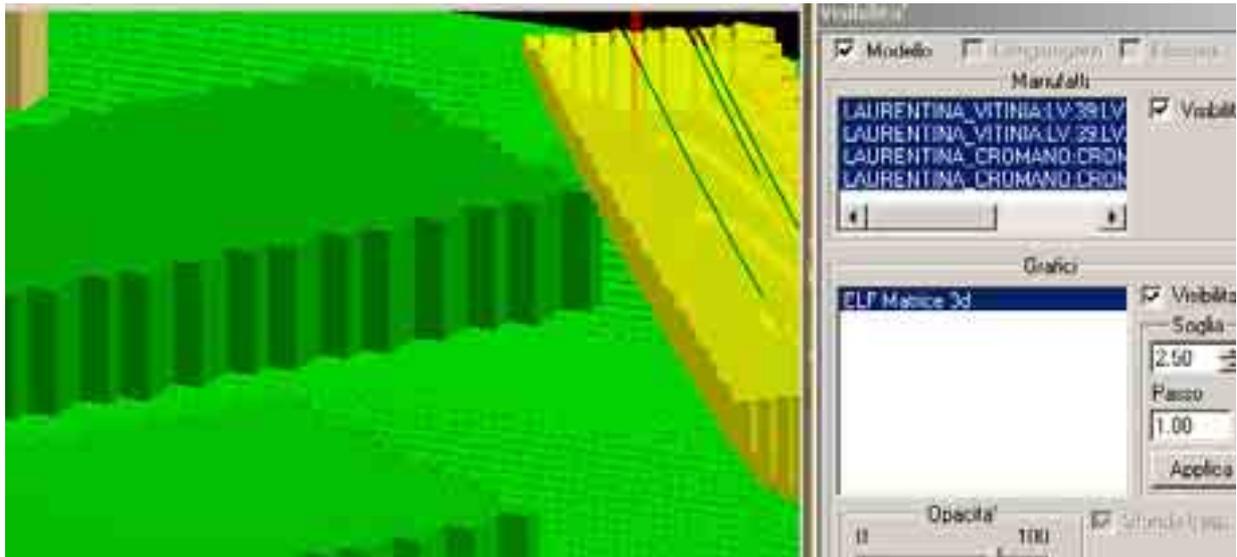


Fig.92 - Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 2.50 microtesla, ad una corrente media di 200 (A).WinEDT.

Calcolo del volume prismatico ad una corrente media di 400 Ampere:

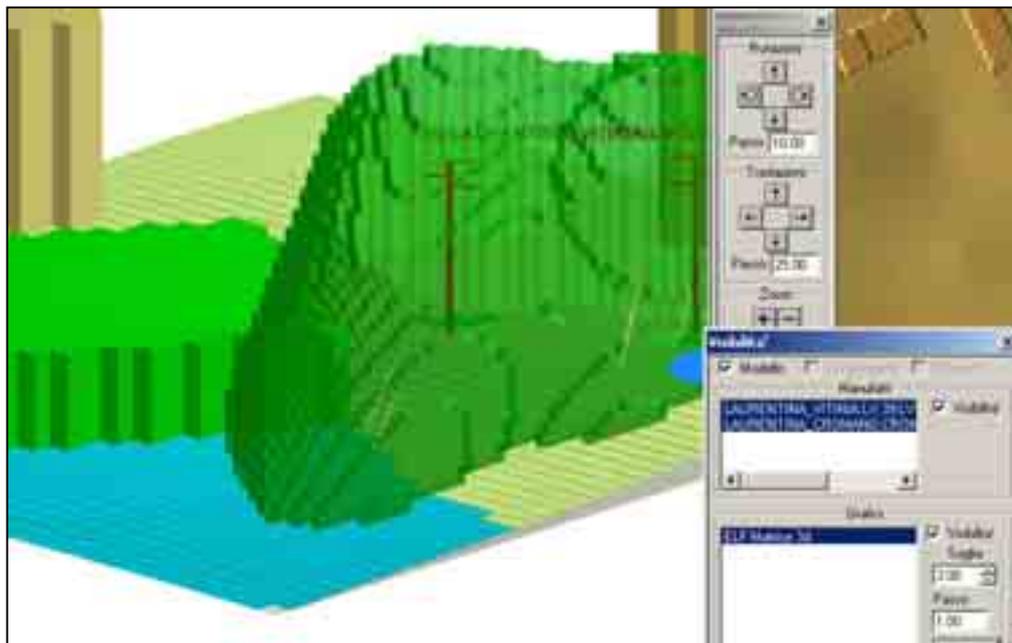


Fig.93 - Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 3 microtesla, ad una corrente media di 400 (A).WinEDT.

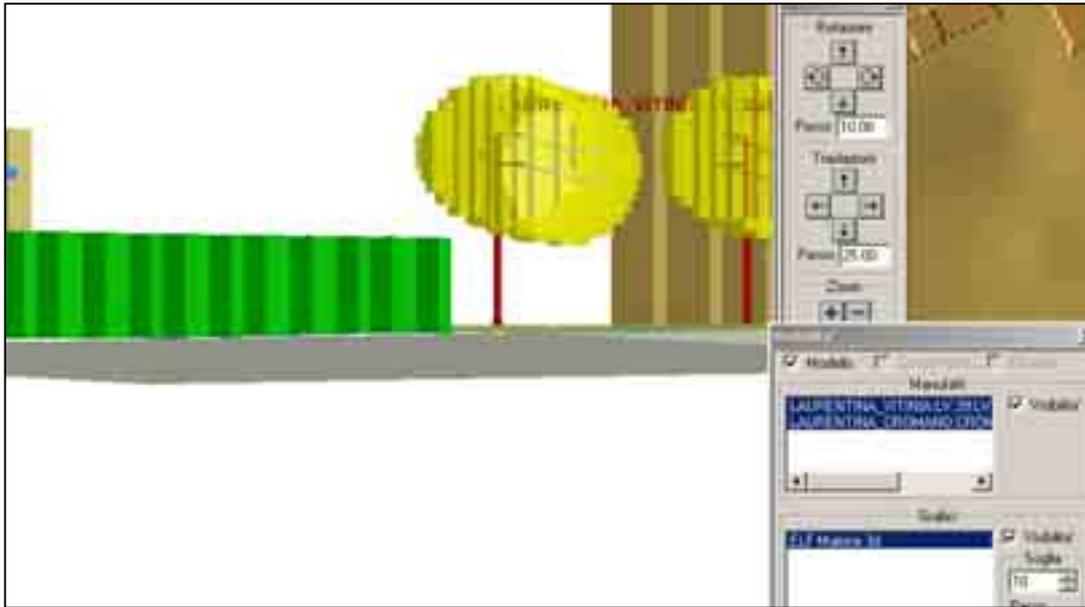


Fig.94 - Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 10 microtesla, ad una corrente media di 400 (A).WinEDT.

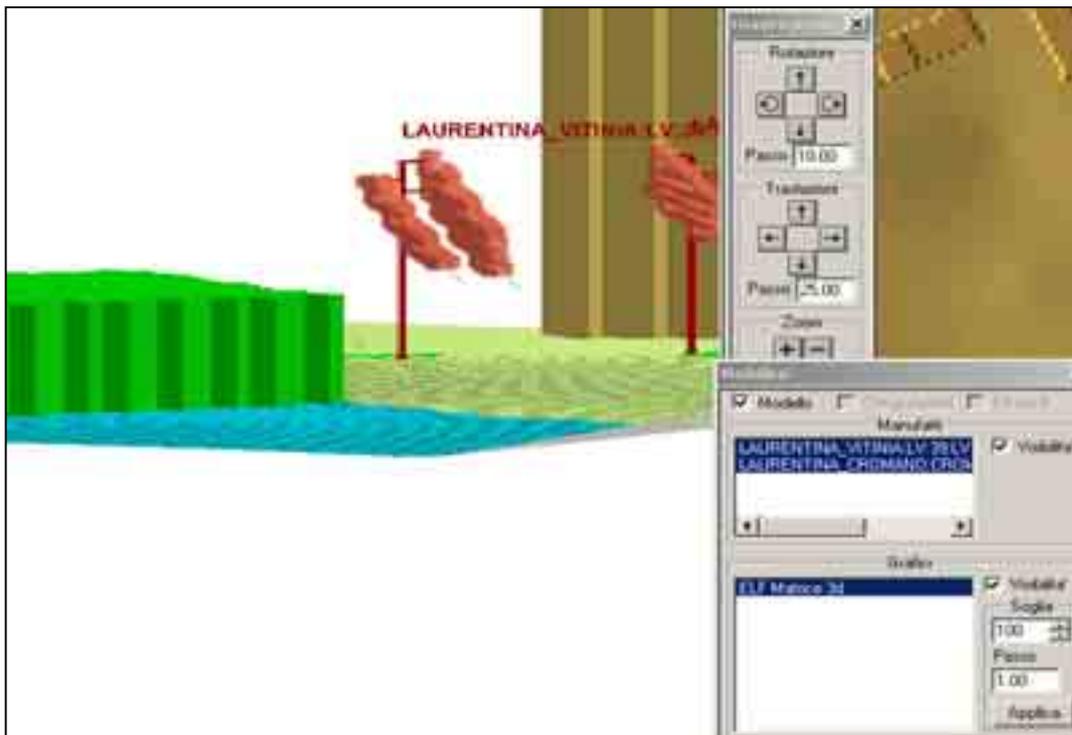


Fig.95 - Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 100 microtesla, ad una corrente media di 400 (A).WinEDT.

4.3.7.4.2. Calcolo del Campo Magnetico del Punto critico "2"



Fig.96 - Inquadramento del sostegno LCR4.



Fig.97 - Inquadramento del sostegno LCR4.

Il primo calcolo realizzato è stato quello di trovare il punto dove il campo magnetico potesse oltrepassare il limite permesso dalla legge vigente. Come si costata dalle seguenti figure, il punto elf si trova nel punto più elevato del palazzo dove il campo magnetico prelevato è di 6.50 microtesla ad una corrente media di 200 Ampere e di 13 ad una corrente media di 400 Ampere. In questo caso si è oltrepassato sia l'obiettivo di qualità di 3 uT, sia il valore di attenzione di 10 Ut ⁴⁶, questo ultimo si verifica ad una corrente media di 400 ampere. Questo valore di tensione può essere perfettamente raggiunto nelle ore diurne.

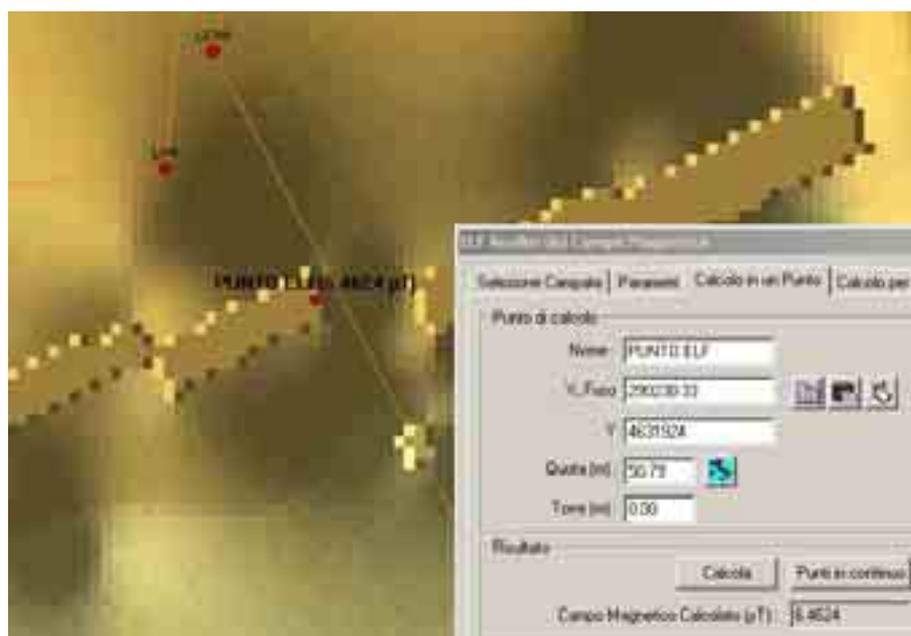


Fig.98 - Calcolo del Campo Magnetico del punto ELF con una corrente media di 200 A, sopra il palazzo in analisi, WinEDT.



Fig.99 - Calcolo del Campo Magnetico del punto ELF con una corrente media di 400 A, sopra il palazzo in analisi, WinEDT.

⁴⁶ DPCM di 8 luglio 2003, (Allegato A).

Come si è verificato nel calcolo del punto ELF, il campo magnetico ad una corrente media di 200 Ampere è di 6.50 uT. Se la corrente media raddoppia il Campo magnetico dello stesso punto è 13 uT. Questo valore è molto superiore a quel permesso dalla legge Italiana. Come si può verificare dalle fotografie scattate in luogo, l'oggetto impattato corrisponde ad un palazzo residenziale.

Calcolo di una sezione verticale che passa in mezzo al palazzo:

Coordinate	Punto 1	Punto 2
X	290241- fuso 33	290203- fuso 33
Y	4631928	4631906

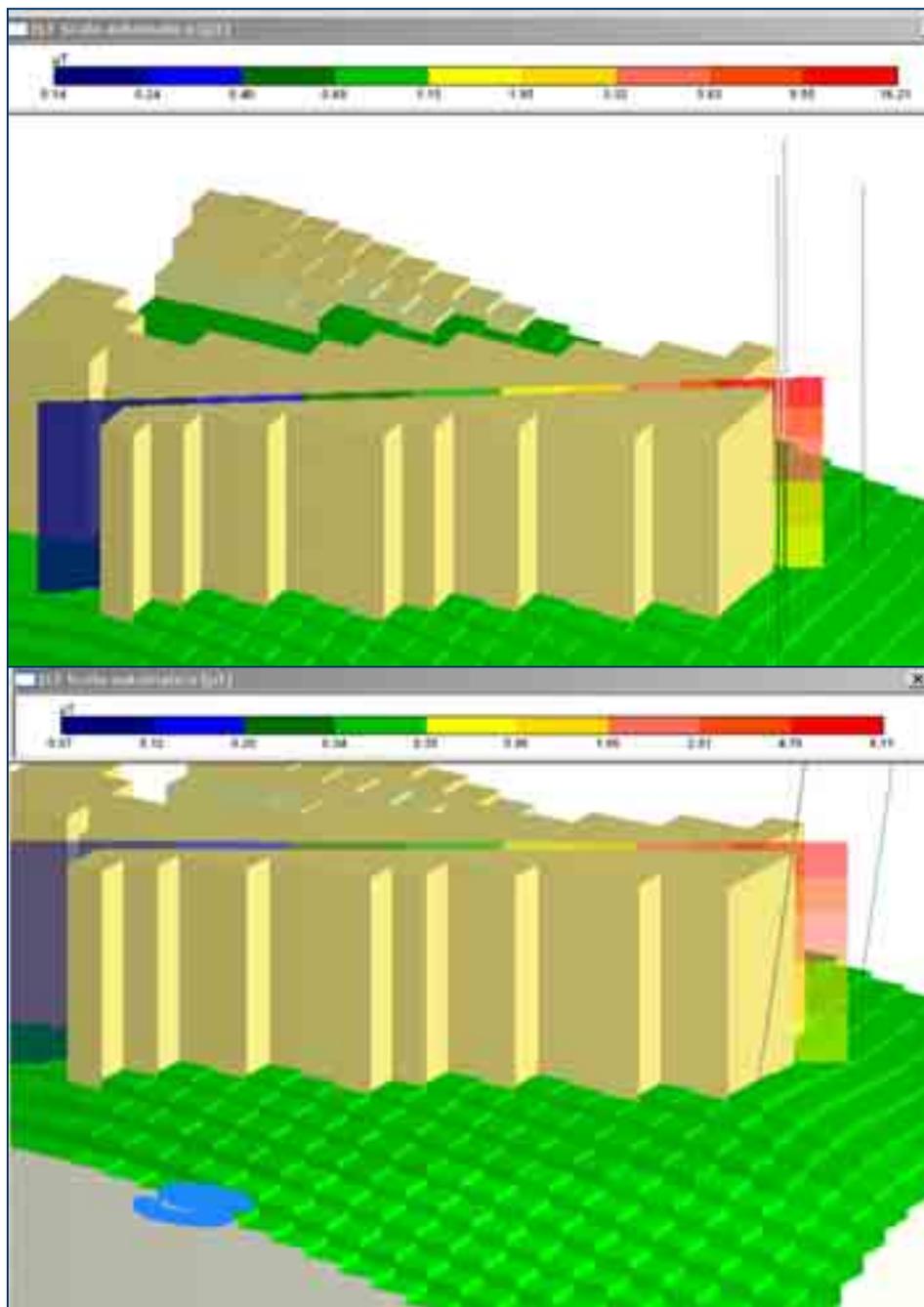


Fig.100 - Calcolo di una sezione verticale assoluta a una corrente media di 400 E 200 Ampere, WinEDT.

Calcolo del Volume prismatico dell'area in analisi ad una corrente media di 200 Ampere:

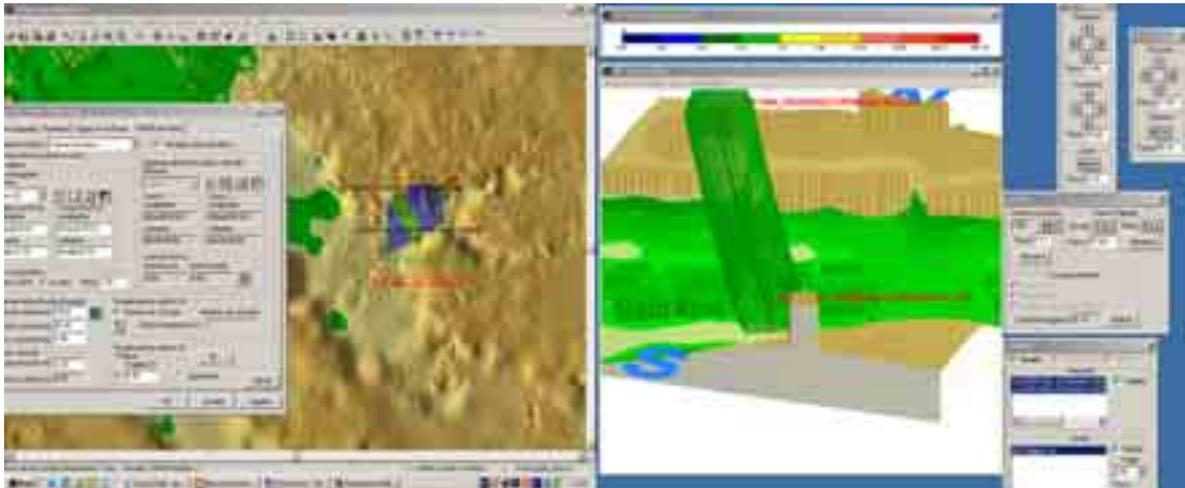


Fig.101 - Calcolo del volume prismatico ad una soglia di 0.50 uT con una corrente media di 200 A, WinEDT.

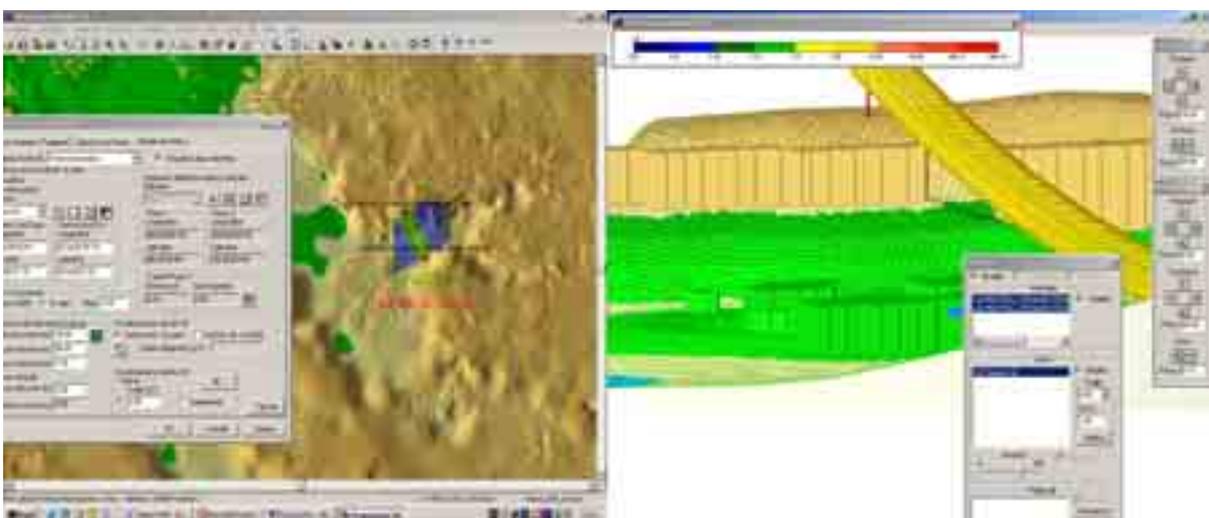
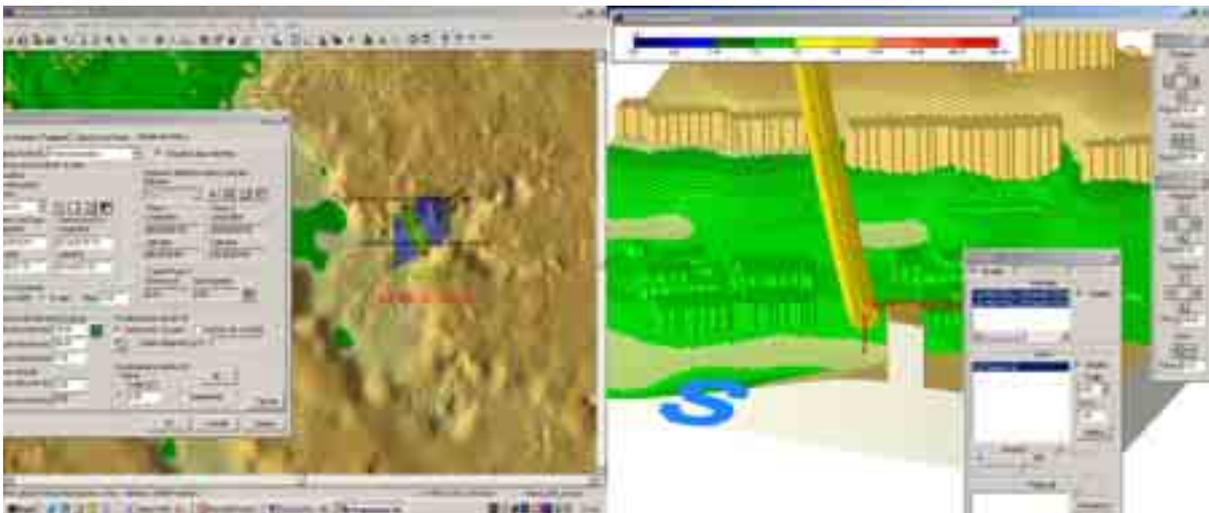


Fig.102 - calcolo del volume prismatico ad una soglia di 6 uT, a una corrente media di 200 Ampere, WinEDT.

Calcolo del Volume prismatico dell'area in analisi ad una corrente media di 400 Ampere:

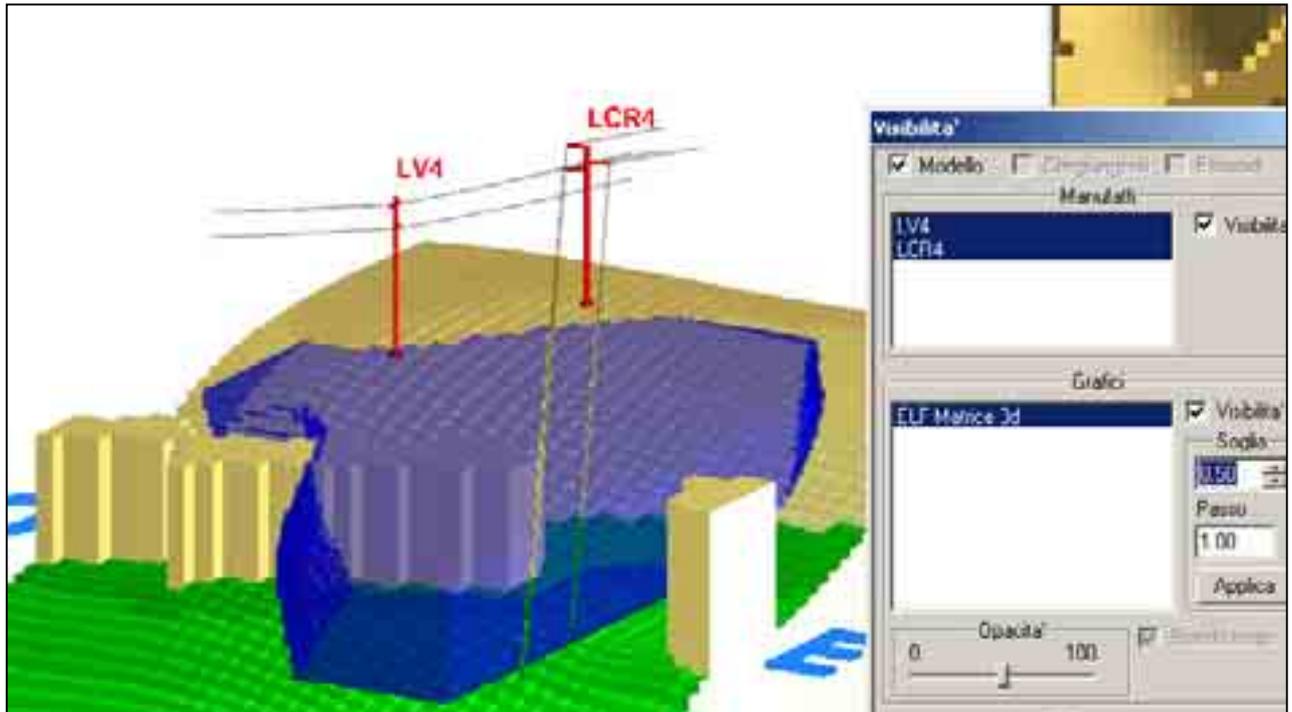


Fig.103 - calcolo del volume prismatico ad una soglia di 0,50 uT, a una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

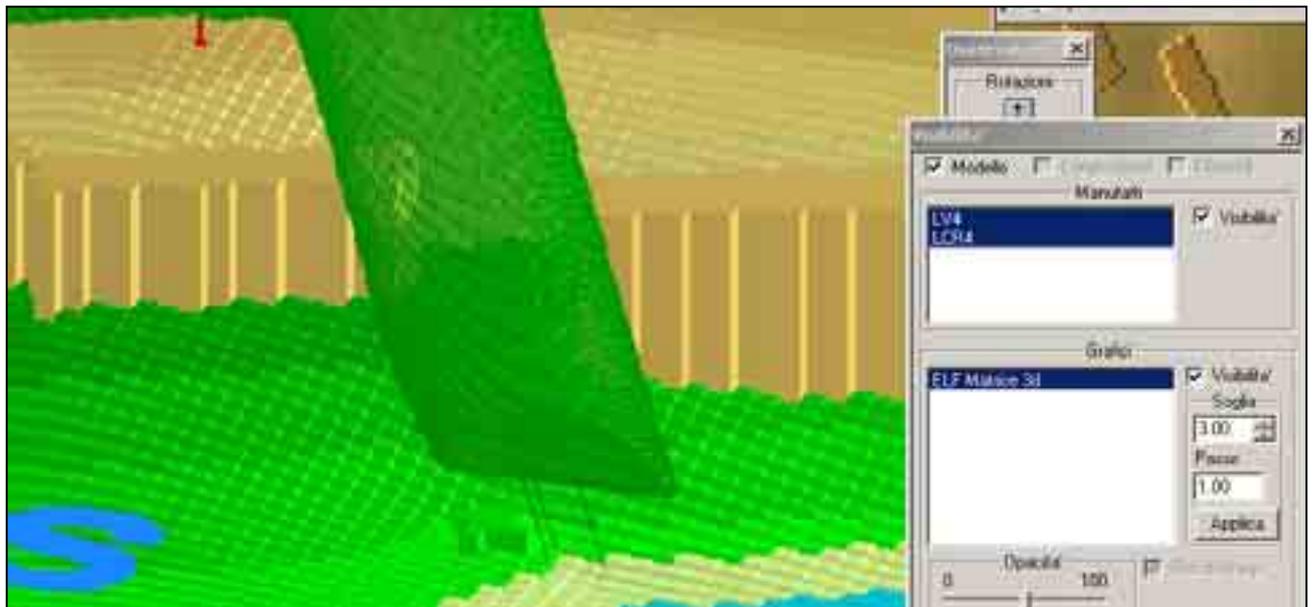


Fig.104 - calcolo del volume prismatico ad una soglia di 3 uT, a una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

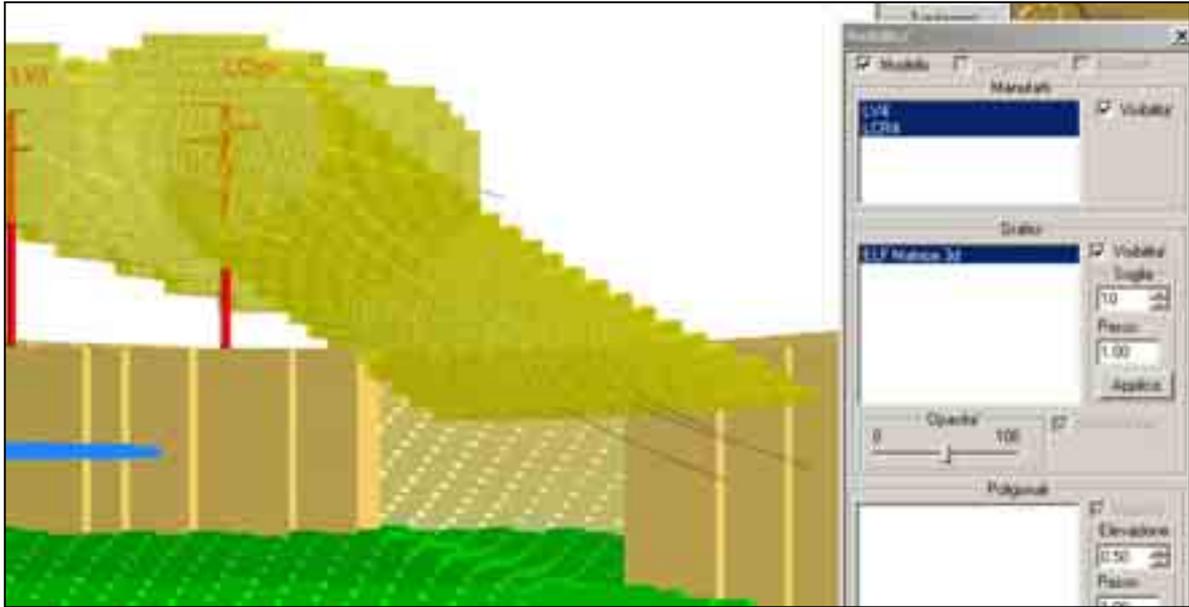


Fig.105 - calcolo del volume prismatico ad una soglia di 10 uT, a una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

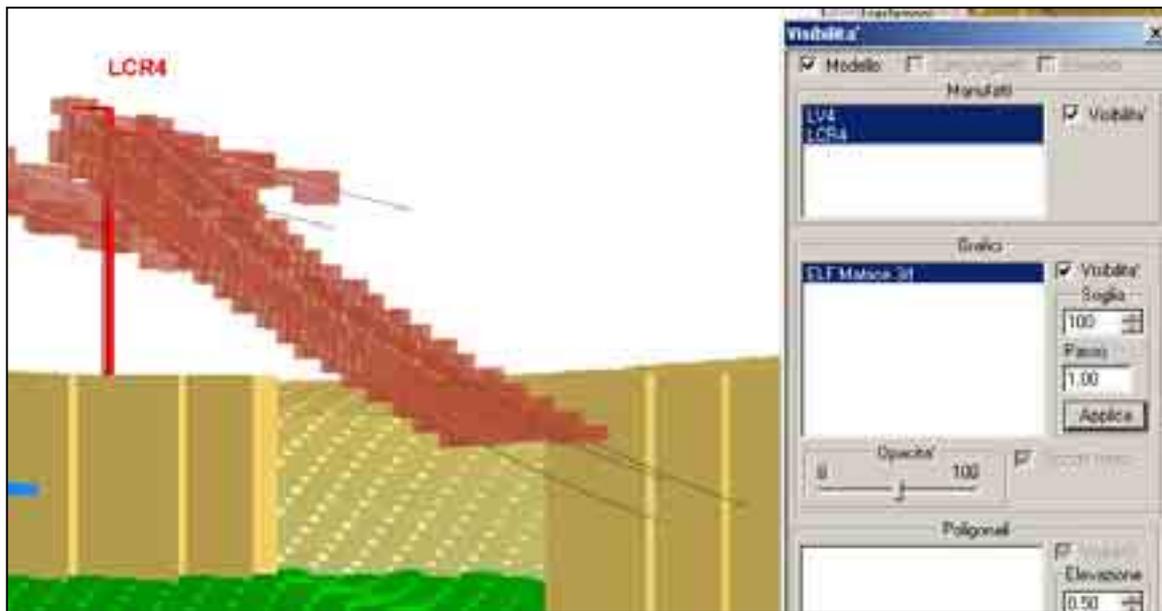


Fig.106 - calcolo del volume prismatico ad una soglia di 100 uT, a una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

Calcolo del Volume prismatico superficiale dell'area in analisi ad una corrente media di 200 e 400 Ampere:

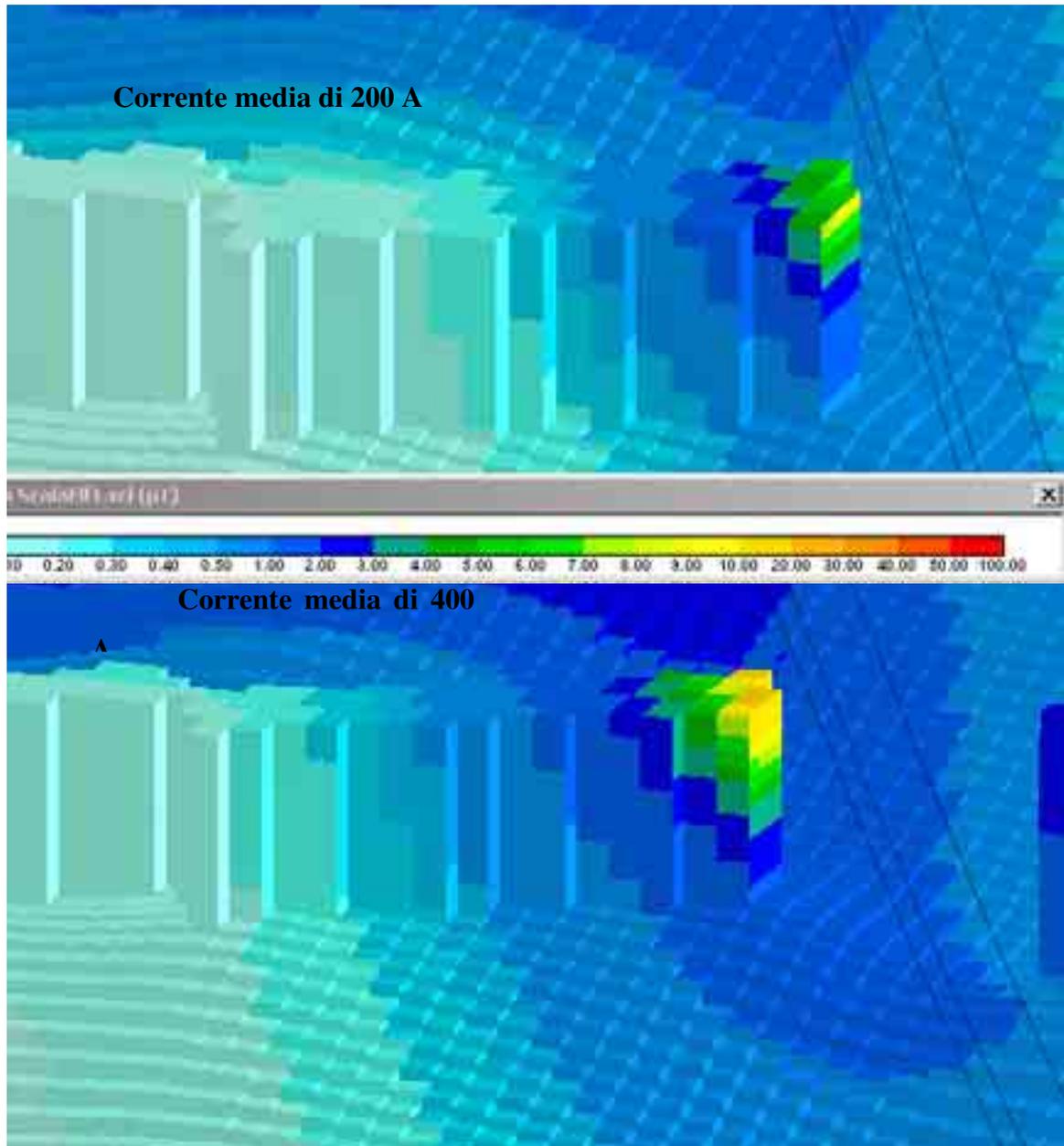


Fig.107 - Calcolo del volume prismatico superficiale del edificio ad una corrente media di 200 A e a 400 A, WinEDT.

Come si evince dai seguenti calcoli del volume prismatico del Campo Magnetico ad una corrente di 200 A, e 400 Ampere il valore del campo magnetico in quest'area è abbastanza preoccupante, perché come già riferito ultrapassa il valore d'attenzione di 10 uT. Questo valore è secondo la legge Italiana ⁴⁷ che a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica non deve sorpassare il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Questo viene largamente sorpassato quando si realizzano i calcoli ad una tensione di corrente media di 400 Ampere. Questo valore può essere perfettamente attingibile nelle ore diurne, per queste misure si dovevano prendere in modo a ridurre questi valori, tendo in conto il principio di prevenzione e precauzione individuate dai principi firmati dall'Italia nella conferenza di Rio de Janeiro del 1992 e dalle seguenti conferenze che si seguirono, dove l'Italia è sempre stata in primo piano.

⁴⁷ IL D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (Allegato A).

4.3.7.4.3. Calcolo del Campo Magnetico del Punto critico "3"

Il punto critico "3", corrisponde al palazzo che s'incontra a fianco al punto critico "2". Già dalla fotografia scattata in luogo, si può constatare che la campata LCR45 s'incontra molto più distante rispetto al punto critico "2".



Calcolo del Punto ELF :

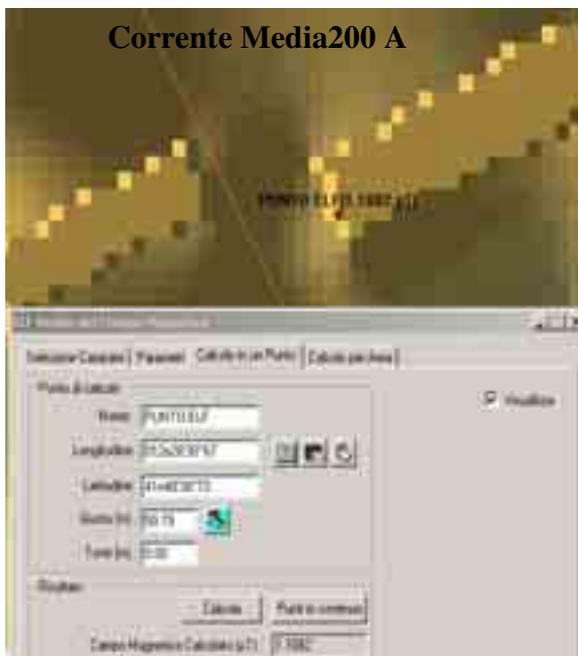


Fig.109 -Calcolo del Campo Magnetico in un punto specifico ad una corrente media di 200 e 400 Ampere, WinEDT.

Calcolo della sezione verticale assoluta dall'area a 3D, ad una corrente media di 200 e 400 Ampere rappresentata con una scala automatica. Coordinate Geografiche dei punti scelti per la sezione verticale dell'edificio:

Coordinate	Punto 1	Punto 2
X	290247- fuso 33	290354- fuso 33
Y	4631915	4631960

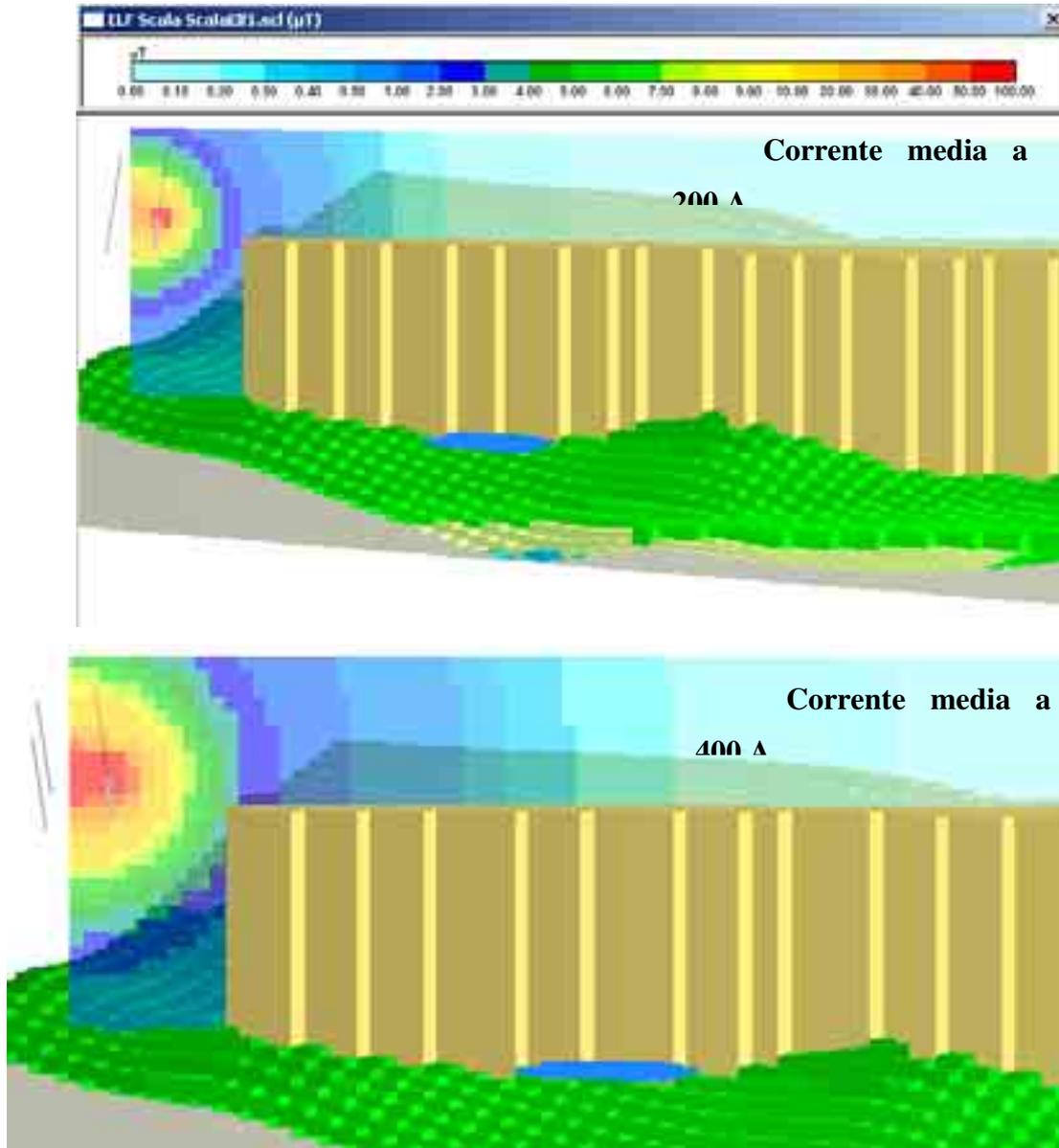


Fig.110 - Calcolo della sezione verticale assoluta dell'edificio in analisi ad una corrente media di 200 A e 400 A, WinEDT.

- Calcolo del volume prismatico ad una corrente media di 200 Ampere:

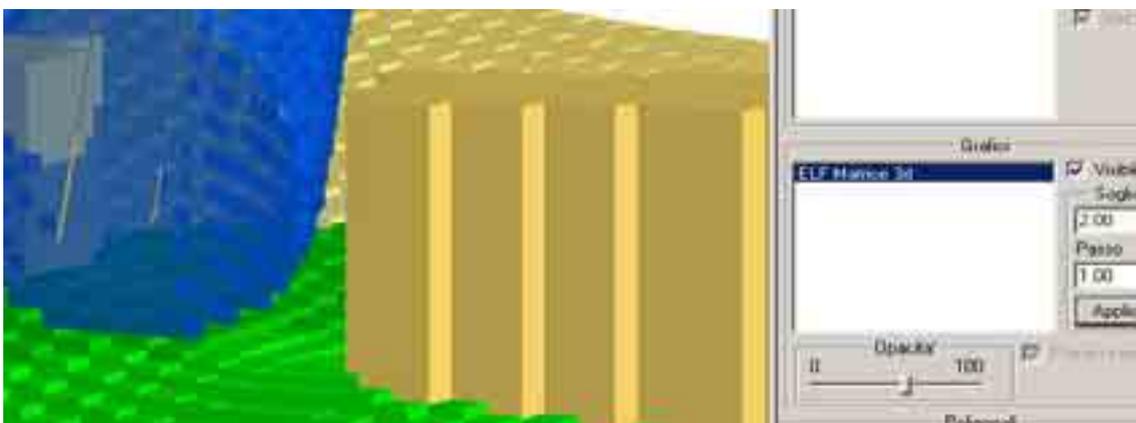
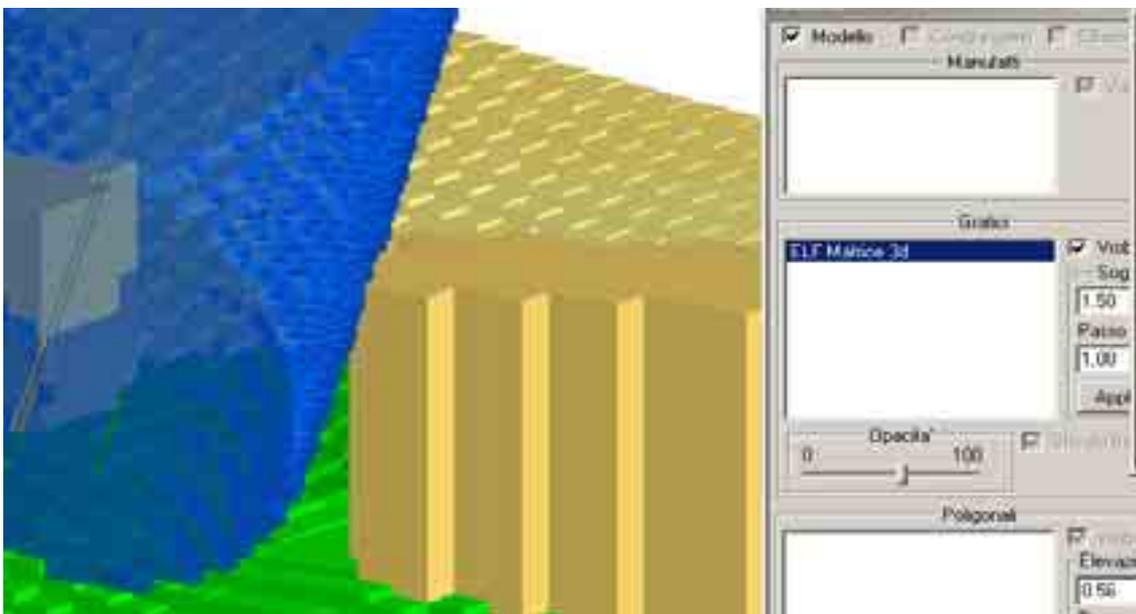
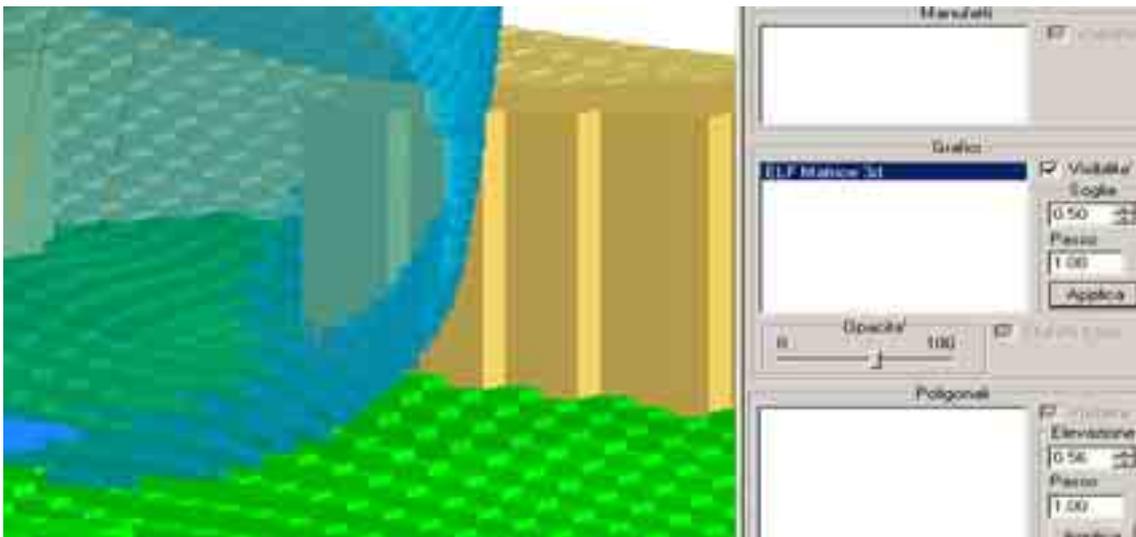


Fig.111 - Calcolo del Volume prismatico dell'area de analisi ad una corrente media di 200 Ampere a diverse soglie, primo a 0.50, 1.00 e 2.00 microtesla, WinEDT.

Calcolo del volume prismatico ad una corrente media di 400 Ampere:

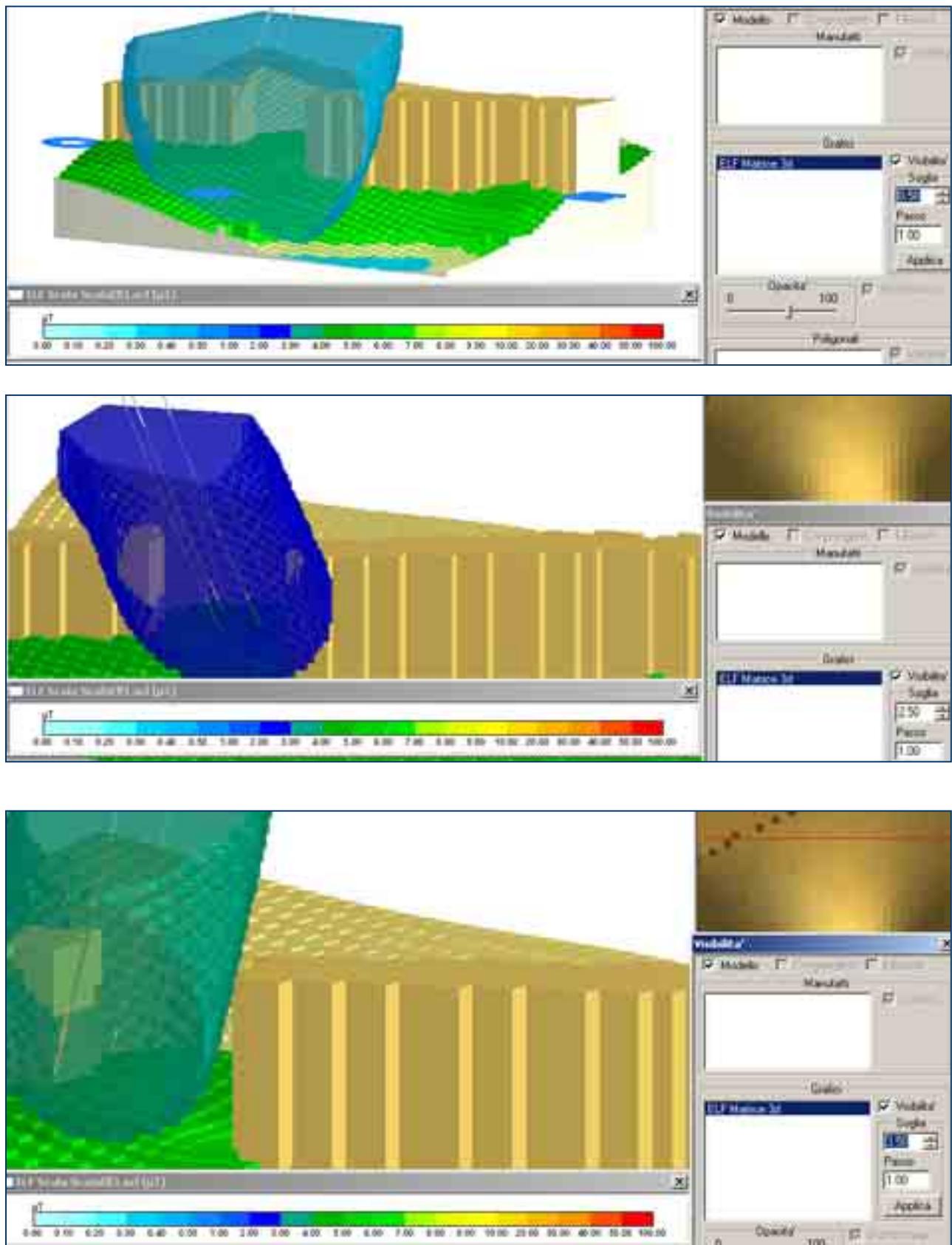


Fig.112 - Calcolo del Volume prismatico del punto critico "3", ad una corrente media di 400 A, ad una soglia di 0.50, 2.50 e 3.50, WinEDT.

Calcolo del volume prismatico superficiale ad una corrente media di 200 e 400Ampere:

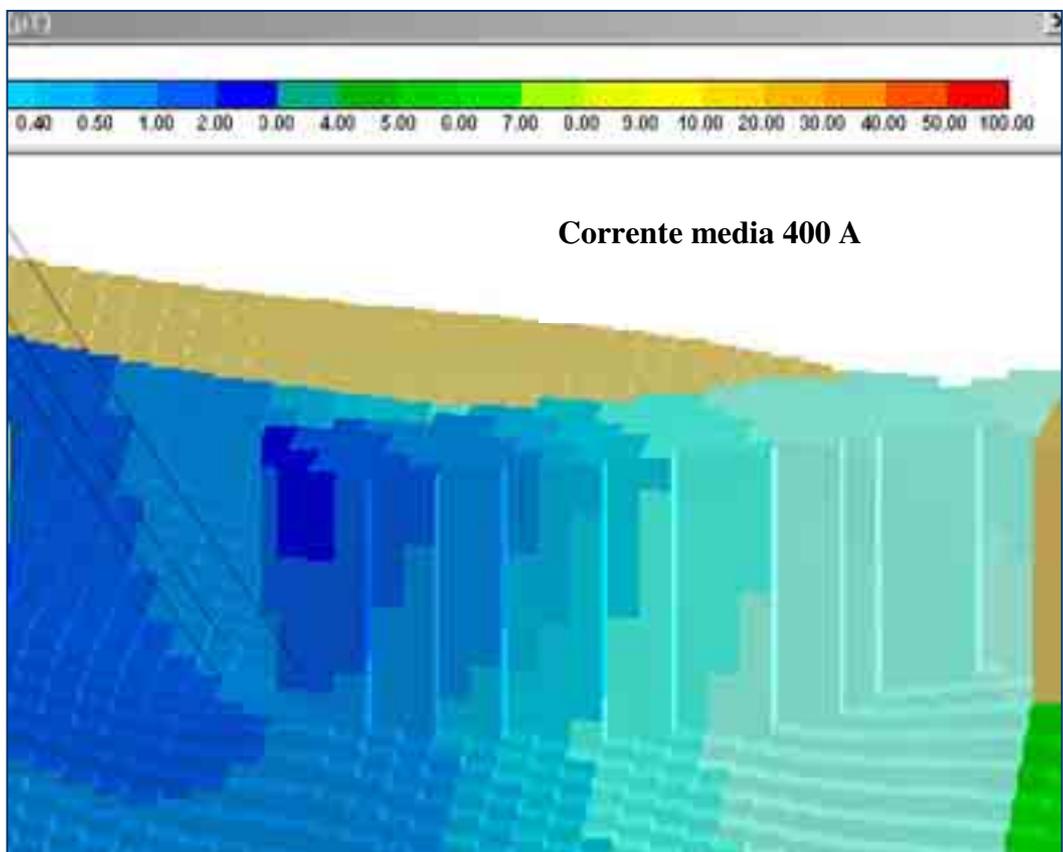
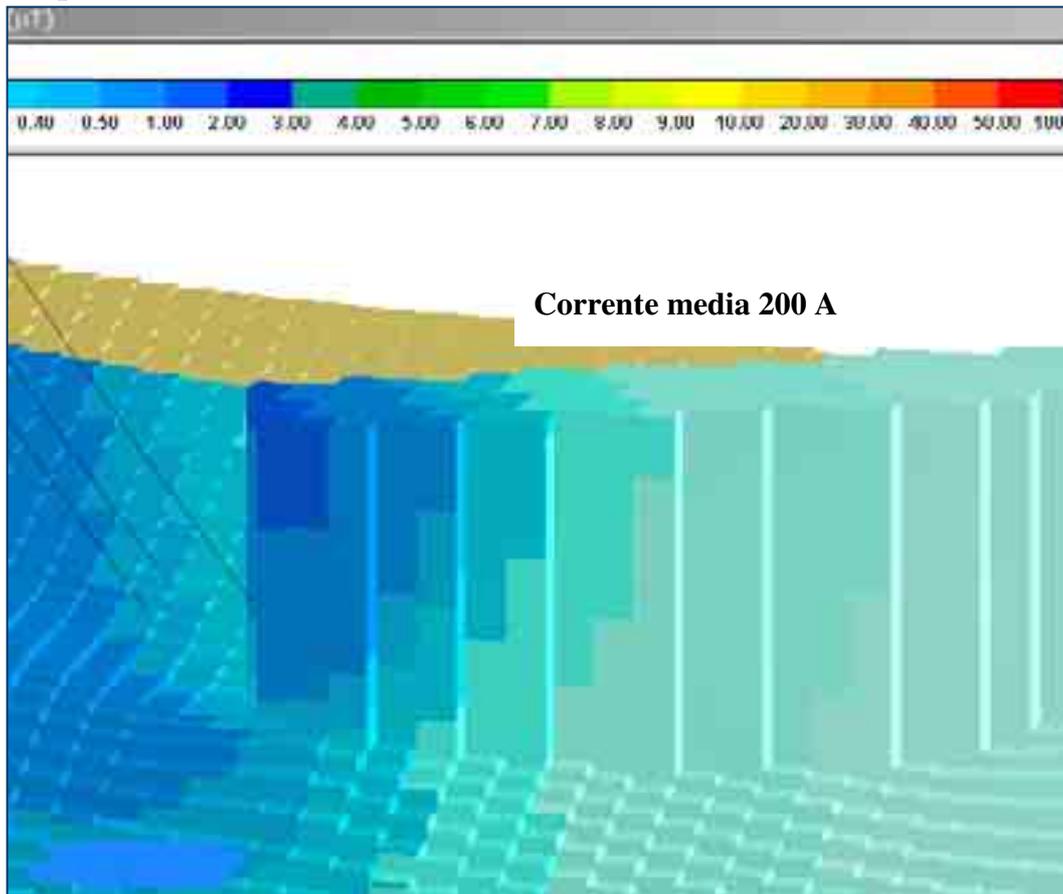


Fig.113 - Calcolo del Volume prismatico superficiale ad una corrente media di 200 e 400 Ampere, WinEDT.

Anche in questo caso l'obiettivo di qualità previsto dalla legge vigente è superato, però di pochi microtesla, come si può vedere dalla seguente figura. Il valore viene superato in condizioni di corrente media della linea elettrica di 400 Ampere. E come si può verificare dalla figura, solo leggermente nei piani superiori dell'edificio. Come si può constatare dalla figura precedente, l'edificio ad una soglia di 3,5 microtesla non soffre più l'impatto del Campo Magnetico.

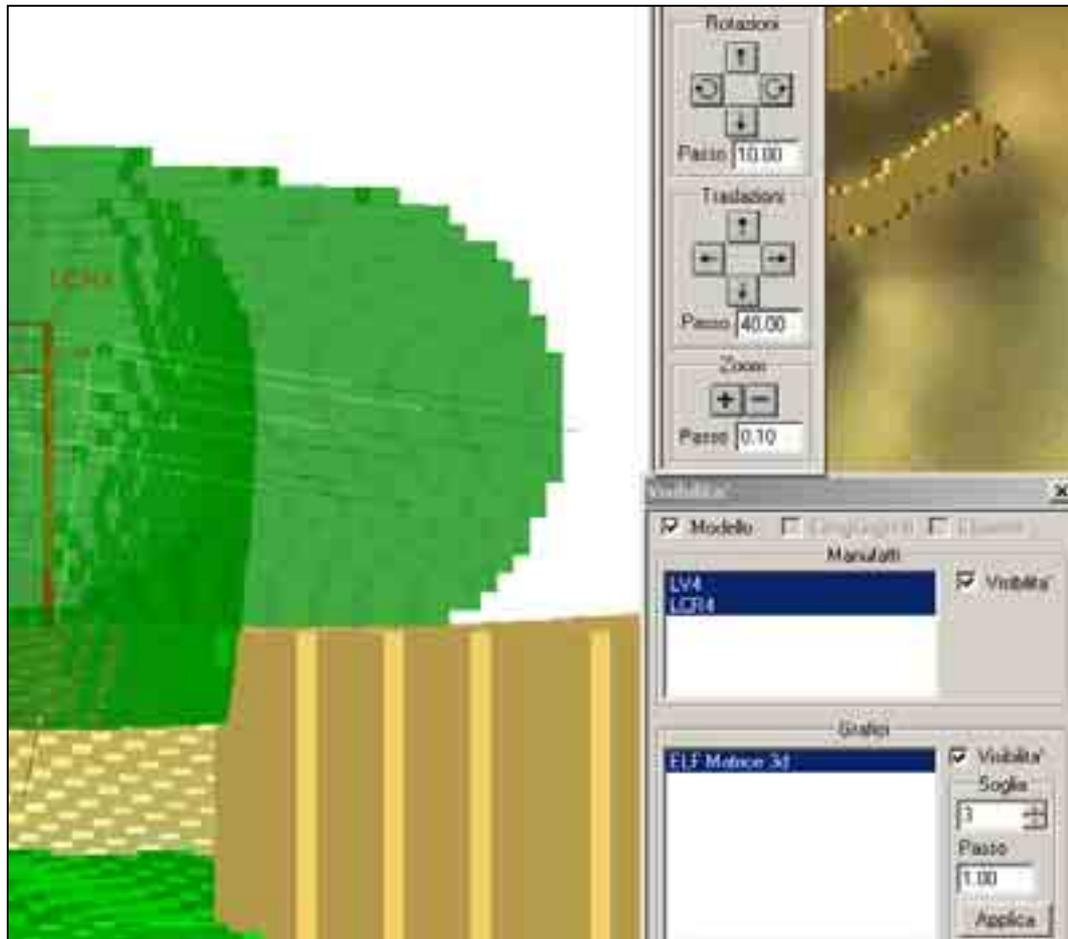


Fig.114 - Calcolo del Volume prismatico del punto critico tre, ad una corrente media di 400, ad una soglia di 3 uT, WinEDT.

4.3.7.4.4. Calcolo de Campo Magnetico del Punto Critico “4”



Fig.115 - Inquadramento del traliccio LCR5.

- Calcolo del Punto ELF

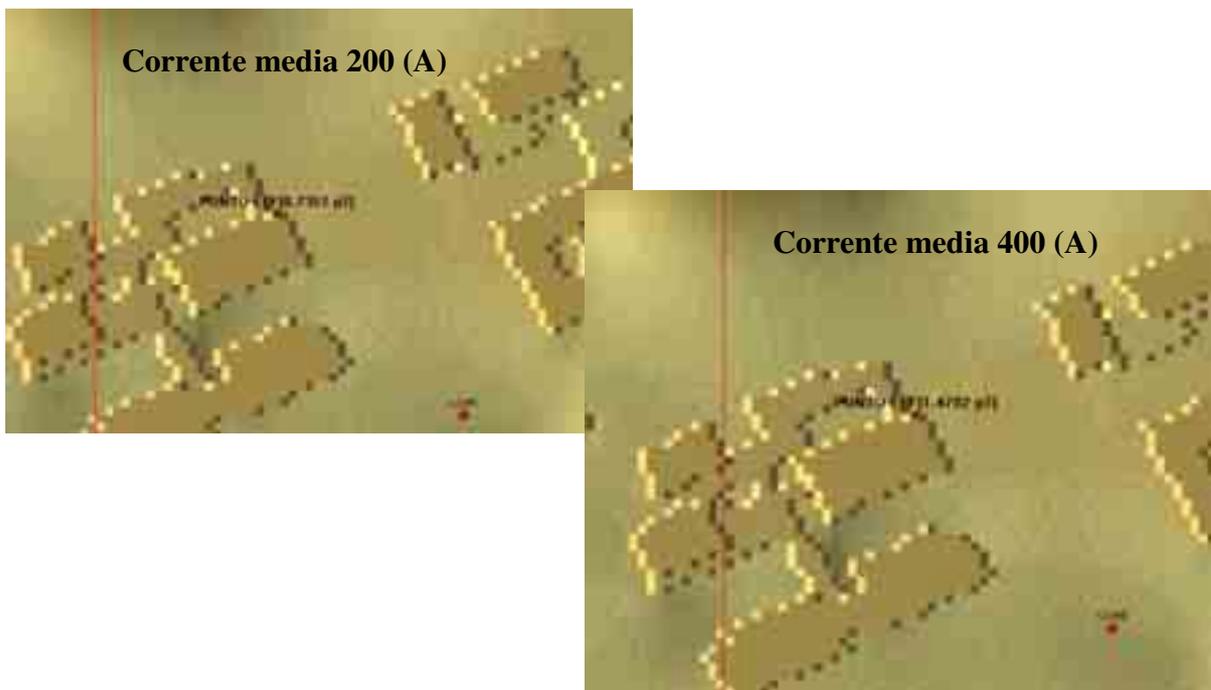


Fig.116 -Calcolo del Campo Magnetico del punto ELF a 200 A di corrente media e a 400 A, WinEDT.

Calcolo della sezione verticale assoluta dall'area a 3D, ad una corrente media di 200 e 400 Ampere rappresentata con una scala ELF. La scala usata per quest'analisi ha dovuto ad una migliore lettura delle diverse tonalità, già che con la scala automatica quest'informazione non era del tutto visibile. Le Coordinate Geografiche dei punti scelti per la sezione verticale dell'edificio:

Coordinate	Punto 1	Punto 2
X	290247- fuso 33	290354- fuso 33
Y	4631915	4631960

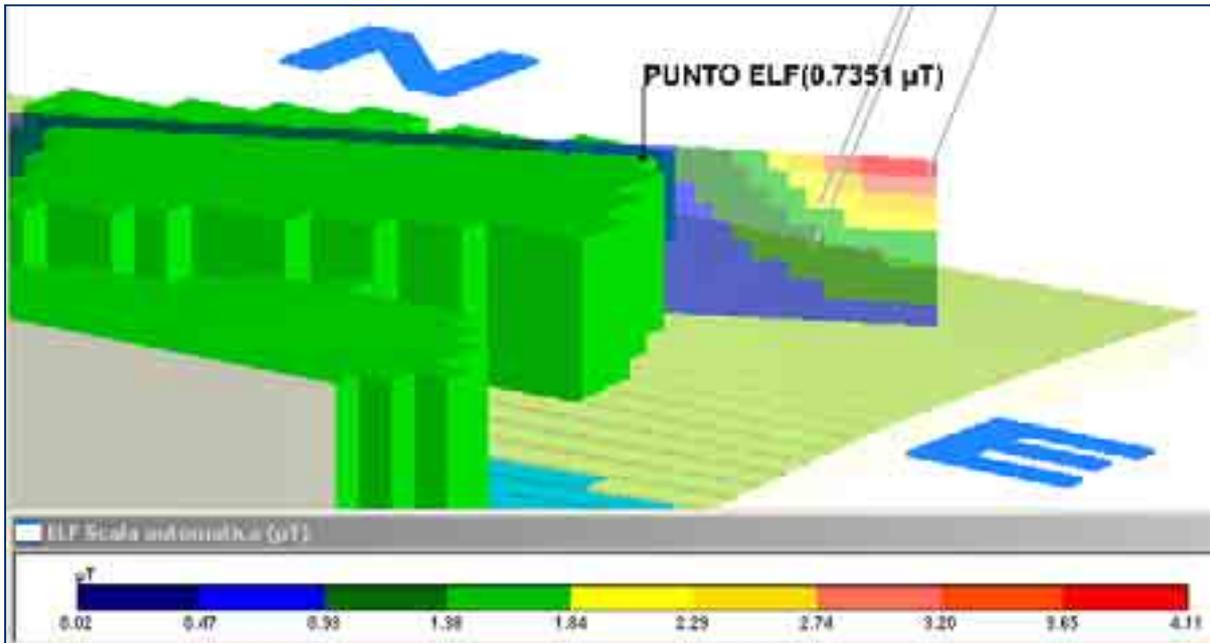


Fig.117 - Calcolo della verticale assoluta che passa dentro la suola ad una corrente media di 200 Ampere, scala automatica, WinEDT.

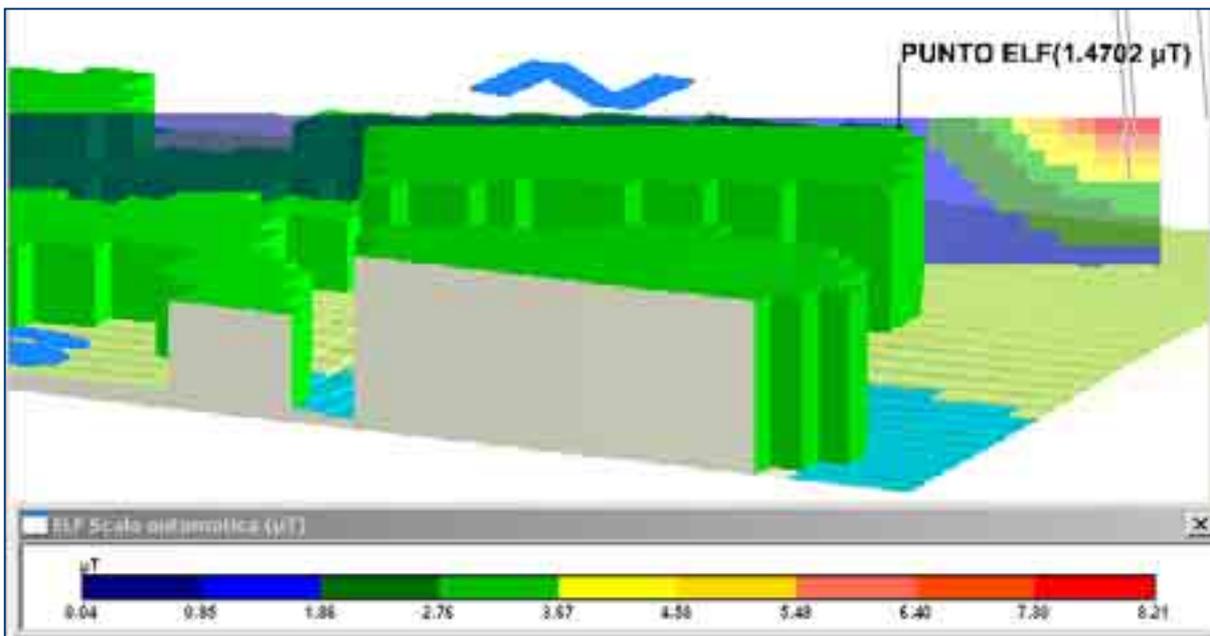


Fig.118 - Calcolo della verticale assoluta che passa dentro la suola ad una corrente media di 400 Ampere, scala automatica, WinEDT.

Calcolo del volume prismatico ad una corrente media di 200 Ampere:

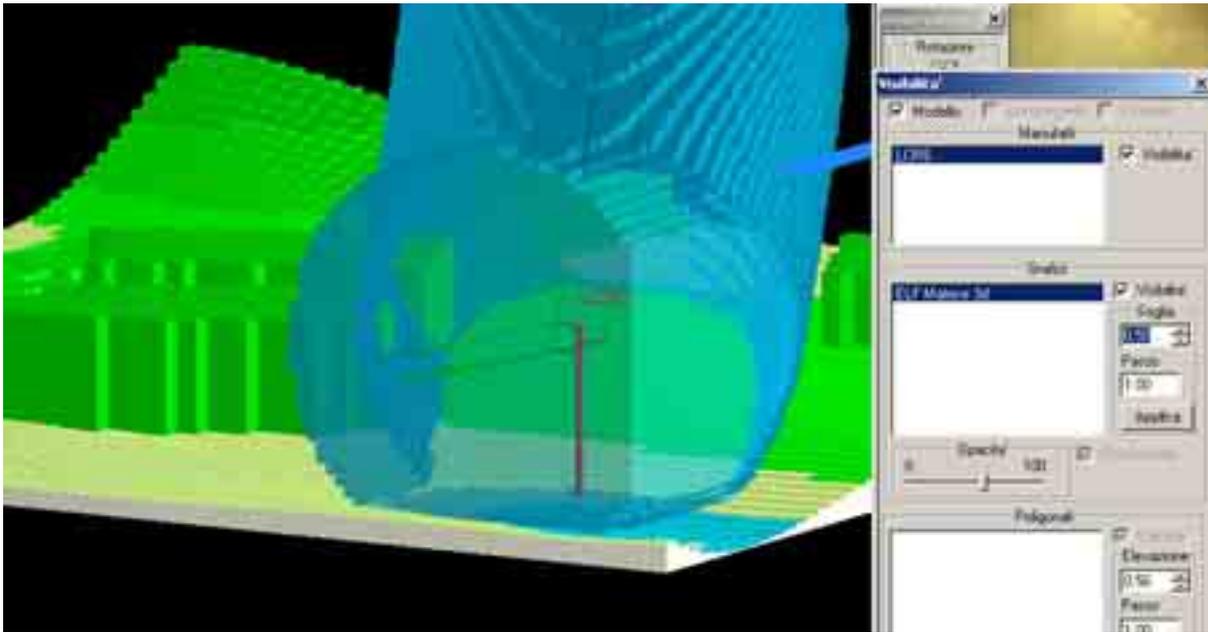


Fig.119 - Calcolo del volume prismatico dell'area in analisi ad una corrente media di 200 ampere ad una soglia di 0,50 uT, WinEDT.

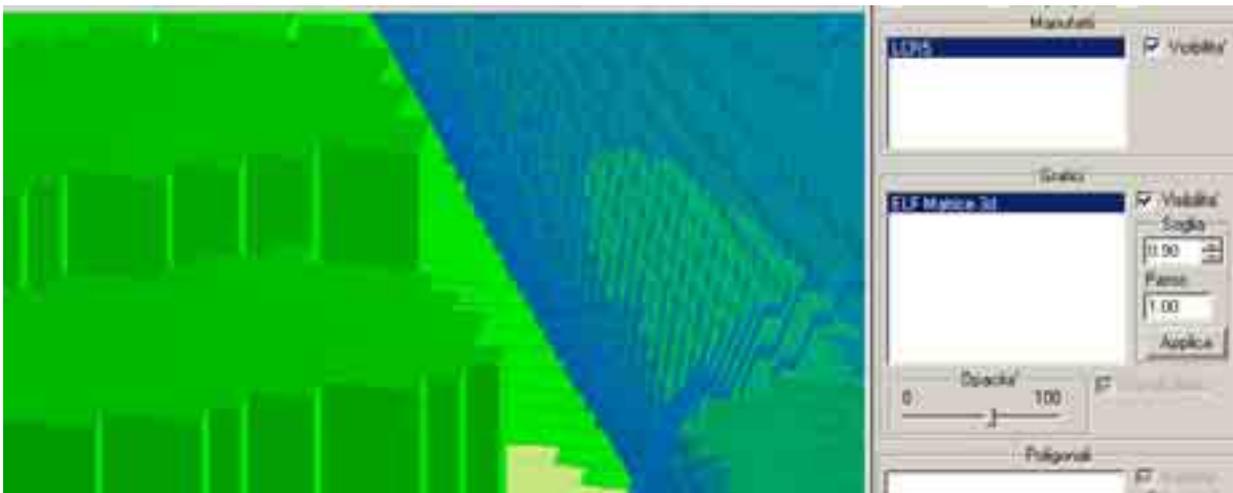


Fig.120 -Calcolo prismatico dell'area in analisi ad una corrente media di 200 ampere ad una soglia di 0,90 uT, WinEDT.

Ad una soglia di 0,90 uT, in una corrente media di 200 (A) il palazzo non soffre più l'impatto del Campo Magnetico. Pero ad una corrente media di 400 (A), la situazione si altera completamente come si può costatare di seguito.

Calcolo del volume prismatico ad una corrente media di 400 Ampere:

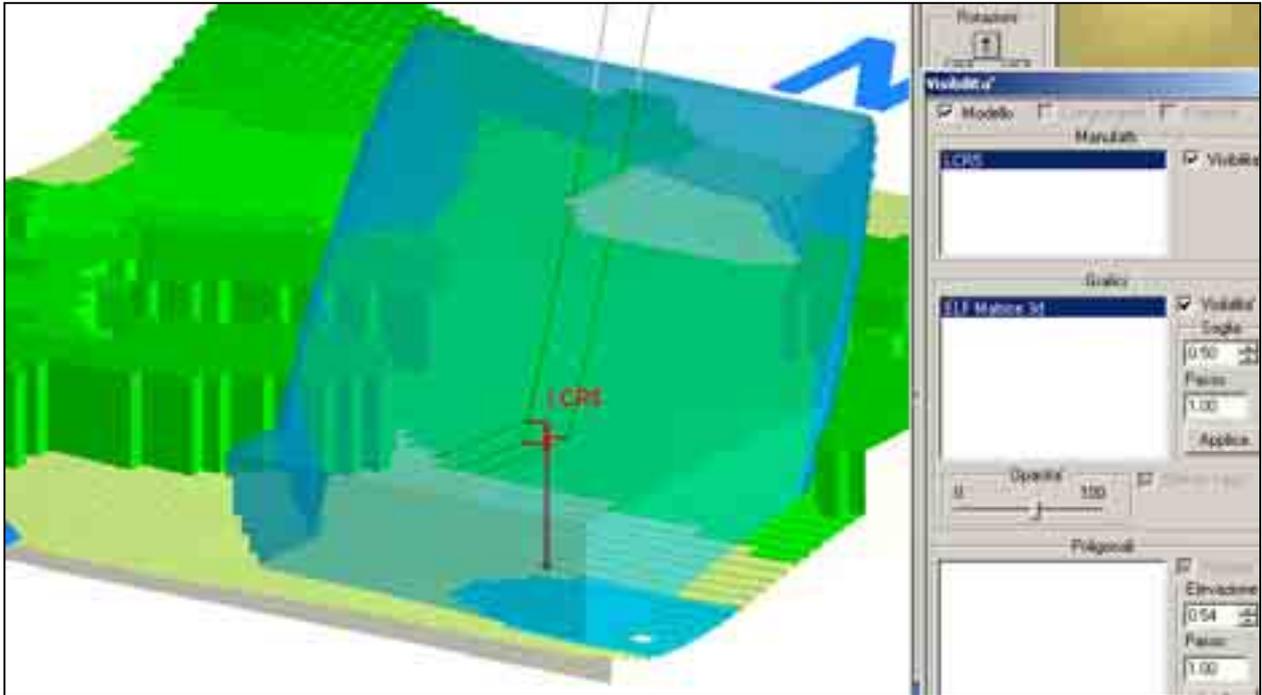


Fig.121 - Calcolo del volume prismatico della area in analisi ad una corrente media di 400 ampere ad una soglia di 0,50 uT, WinEDT.

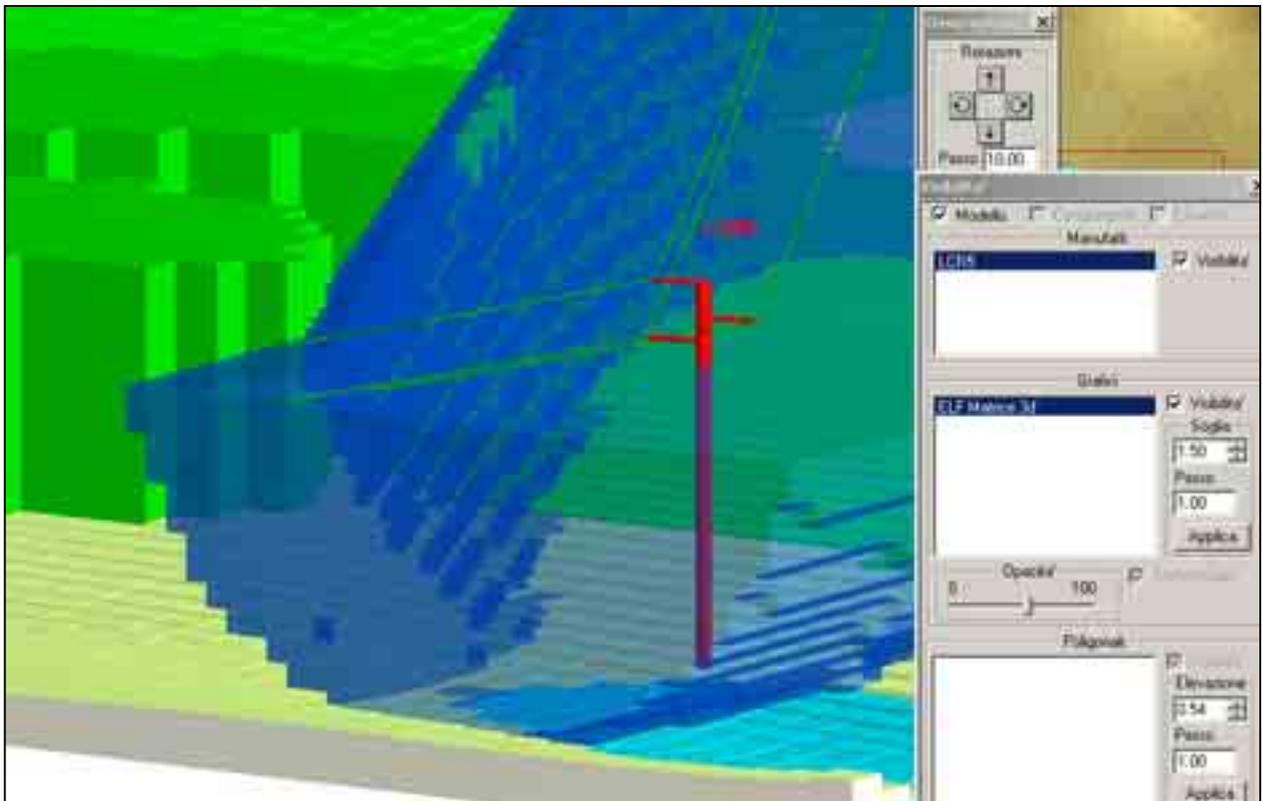


Fig.122 -Calcolo prismatico della area in analisi ad una corrente media di 400 ampere ad una soglia di 1,50 uT, WinEDT.

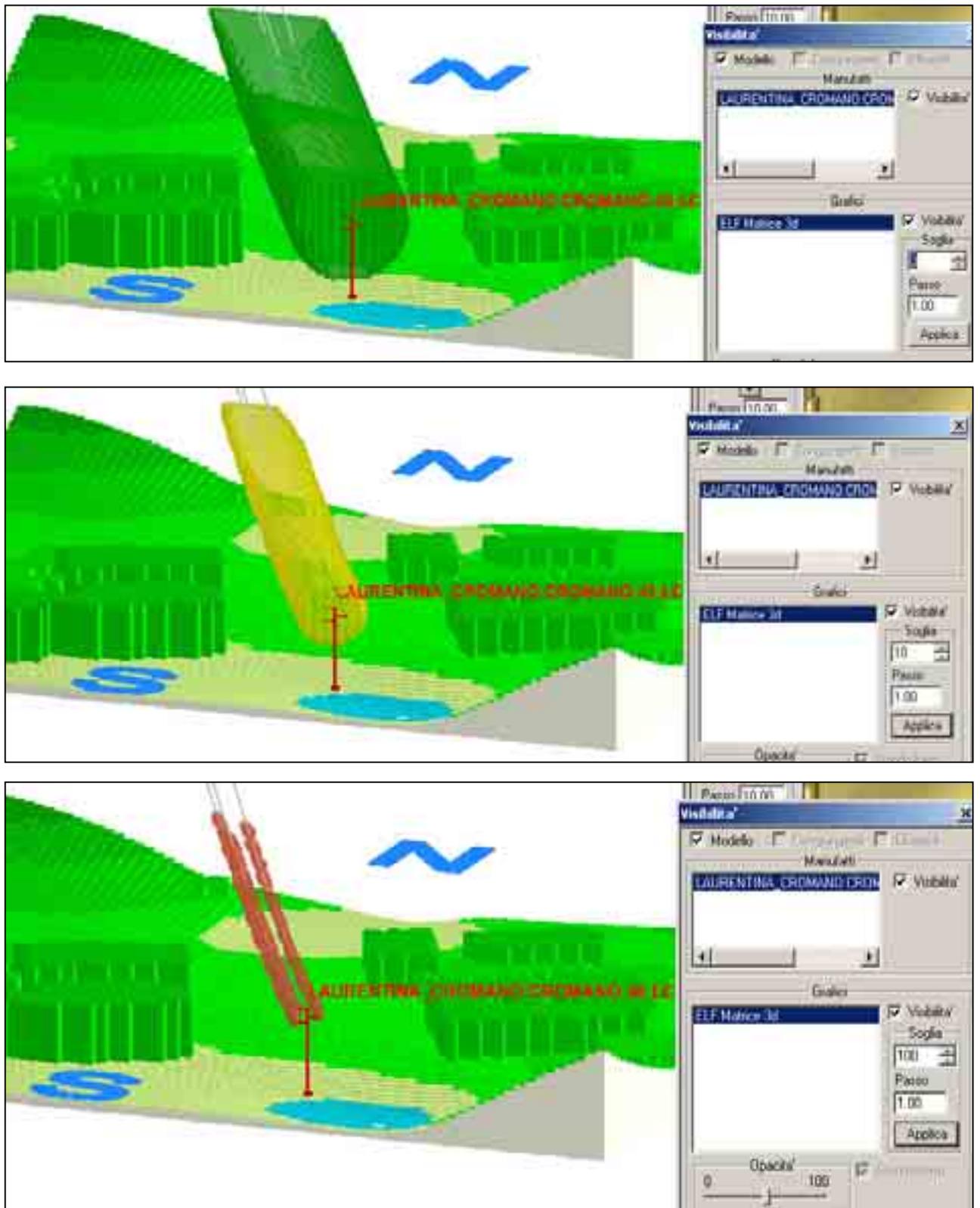


Fig.123 - Calcolo prismatico della area in analisi ad una corrente media di 400 ampere ad una soglia di 3, 10 e 100 Ut, WinEDT.

Calcolo del volume prismatico superficiale ad una corrente media di 200 e 400

Ampere:

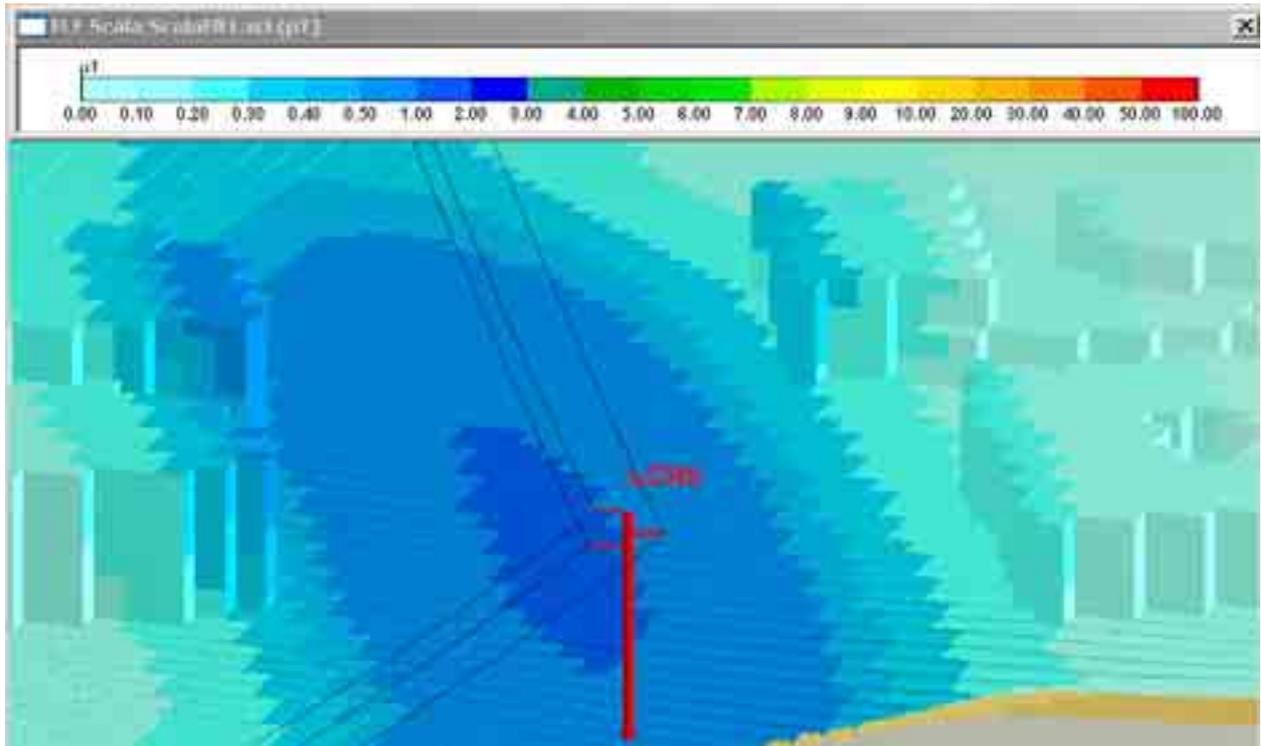


Fig.124 - Calcolo prismatico dell'area in analisi ad una corrente media di 200 ampere (rappresentazione superficiale in 3D), WinEDT.

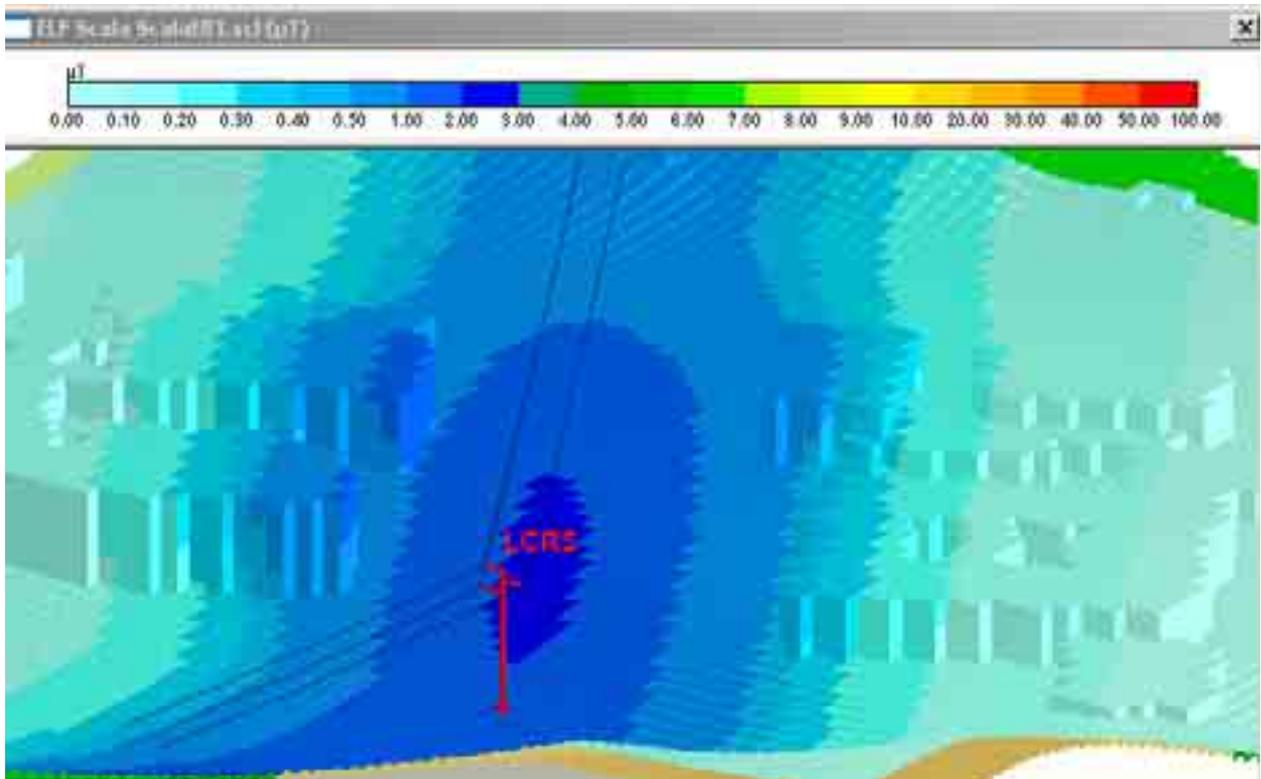


Fig.125 - Calcolo prismatico dell'area in analisi ad una corrente media di 400 ampere (rappresentazione superficiale in 3D), WinEDT.

Dalla verifica di tutti calcoli realizzati, gli obiettivi di qualità della legge vengono, in caso di corrente media di 400 Ampere, leggermente oltrepassato. In tanto un'indagine che è stata condotta in conformità a quanto richiesto dal Ministero dell'Ambiente in una circolare del 1999. Questa circolare è stata inviata dal Ministero dell'Ambiente ai presidenti delle regioni e alle società esercenti le linee elettriche (Enel, Acea, Aem, Edison, Fs, Sondel). La circolare arriva dopo la decisione del Tar del Veneto del 29 luglio scorso, che ha accolto il ricorso dei genitori di una scuola materna di Mirano costruita vicino ad un elettrodotto. Questa sentenza ha stabilito che i locali non possono essere adibiti a scuola in quanto i livelli d'induzione magnetica sono superiori al livello di 0,2 microtesla considerati come riferimento per la prevenzione degli effetti a lungo termine derivanti dall'esposizione della popolazione infantile ai campi elettromagnetici. Il principio stabilito dal Tar del Veneto, spiega Corrado Clini, il direttore generale del Ministero dell'Ambiente che ha firmato la circolare, non può essere disatteso nelle altre scuole e asili d'Italia. La circolare chiede anche alle Regioni un censimento per fine settembre delle linee elettriche ad alta tensione vicine a nidi, scuole e parchi gioco.⁴⁹

Dalla seguente immagine, anche in questo caso, la soglia dei 0,2 Ut ha largamente oltrepassato, la scuola in analisi è impattata dal Campo Magnetico nella sua gran totalità, ad una corrente di 400 Ampere e anche ad una corrente media di 200 Ampere.

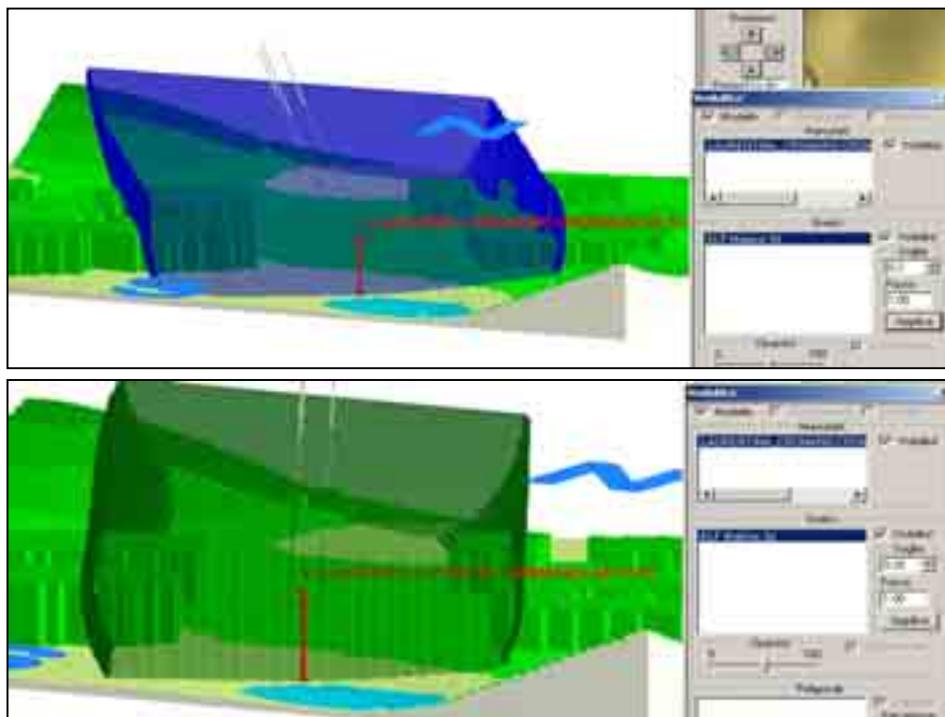


Fig.126 - Calcolo del Volume prismatico ad una corrente di 400 e 200 Ampere corrispettivamente, nella soglia di 0,2 Ut, WinEDT.

⁴⁹ <http://www.appa-agf.net/article/articleview/413/1/51/>

4.3.7.5.5. Calcolo del Campo Magnetico del Punto Critico "5"

- Calcolo del Punto ELF

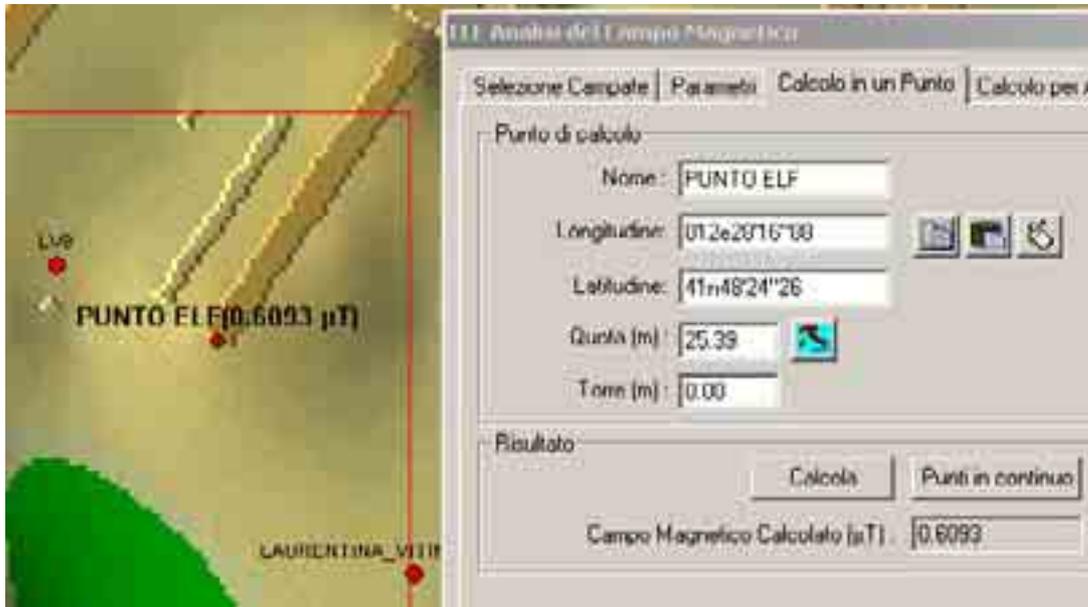


Fig.127 - Calcolo di un Punto ELF ad una corrente media di 200 (A), WinEDT.

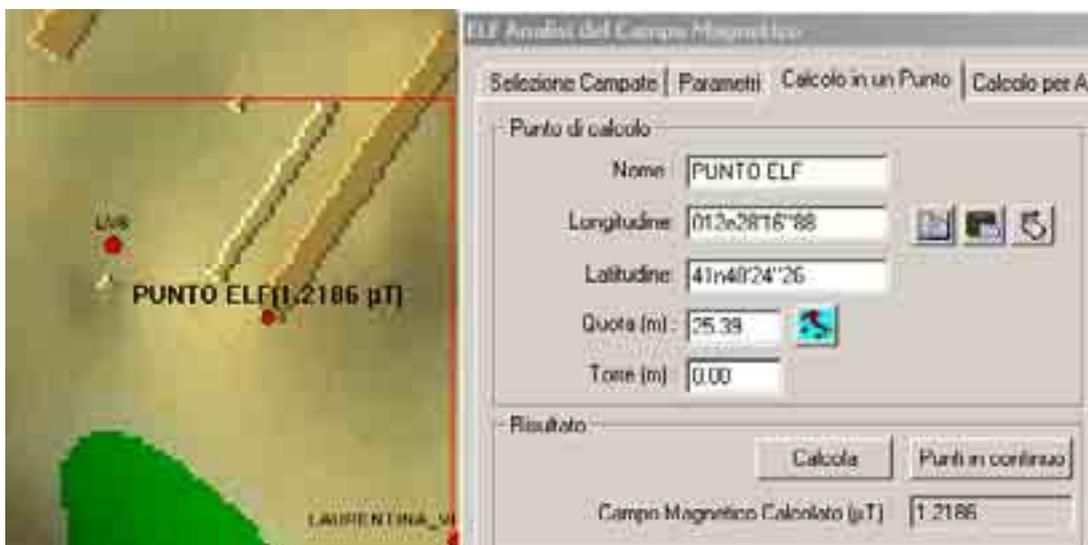


Fig.128 - Calcolo di un Punto ELF ad una corrente media di 400 (A), WinEDT.

Calcolo della sezione verticale assoluta dall'area a 3D, con una corrente media di 400 Ampere rappresentata con una scala automatica.

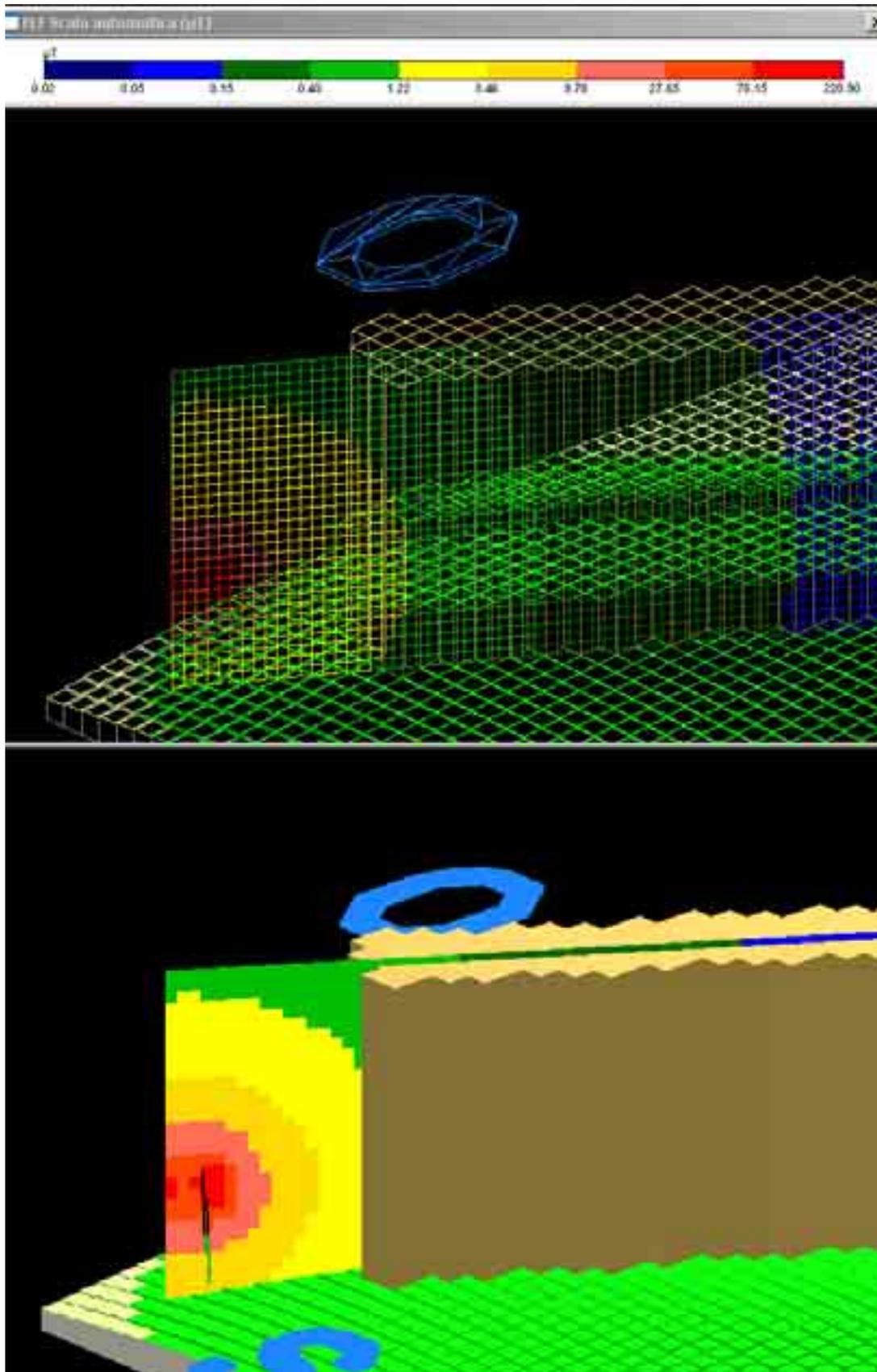


Fig.129 -Calcolo della verticale assoluta nell'edificio in analisi ad una corrente media di 400 (A) WinEDT.

Calcolo del volume prismatico ad una corrente media di 200 Ampere:

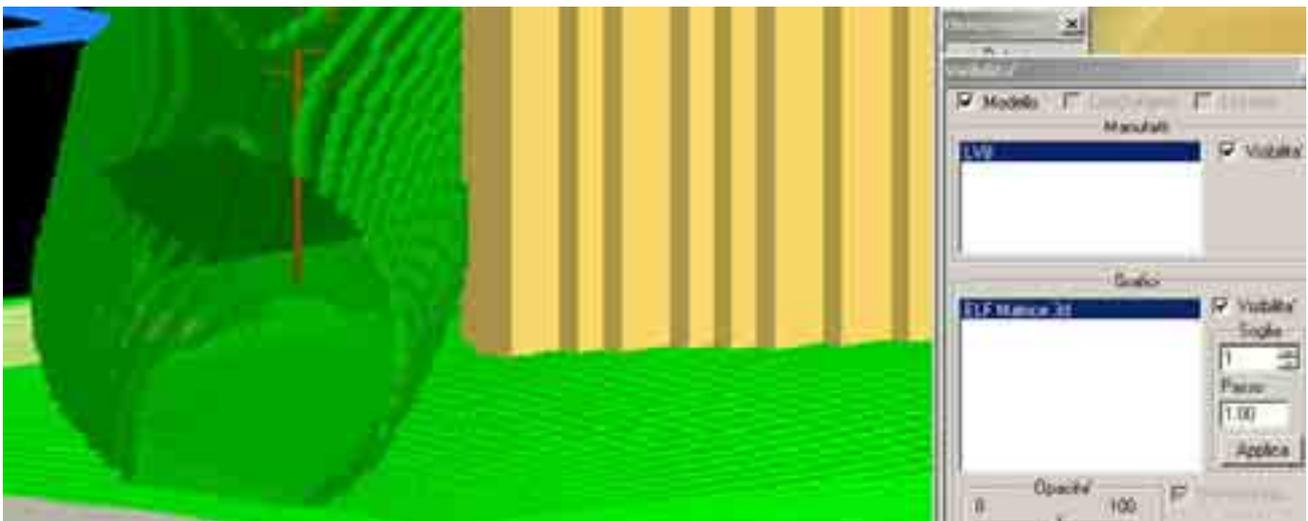
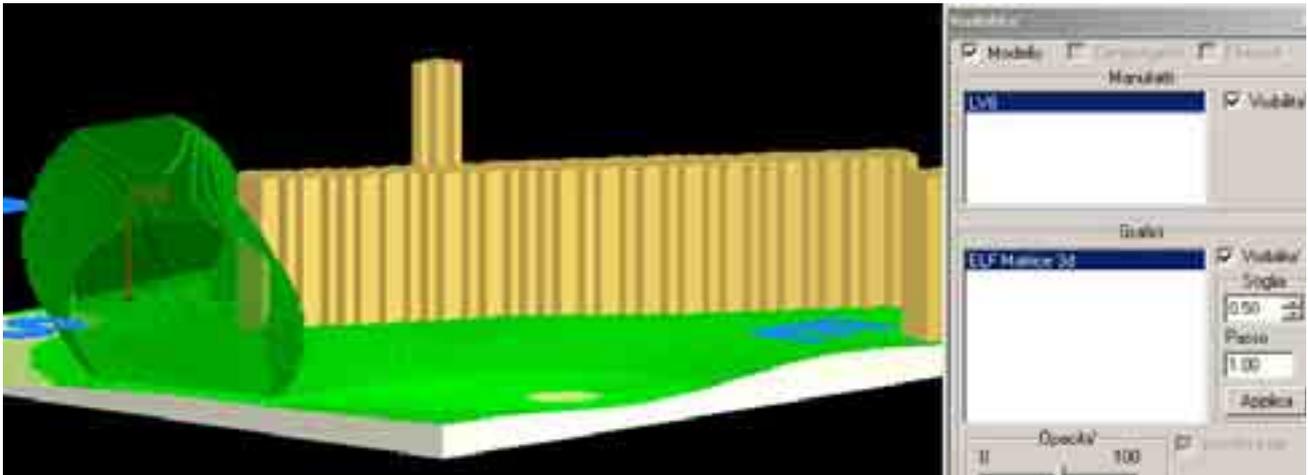


Fig.130e 131 - Calcolo del Volume Prismatico alla soglia di 0,50 e 1.00 uT, corrente media di 200 (A), WinEDT.

Calcolo del volume prismatico ad una corrente media di 400 Ampere:

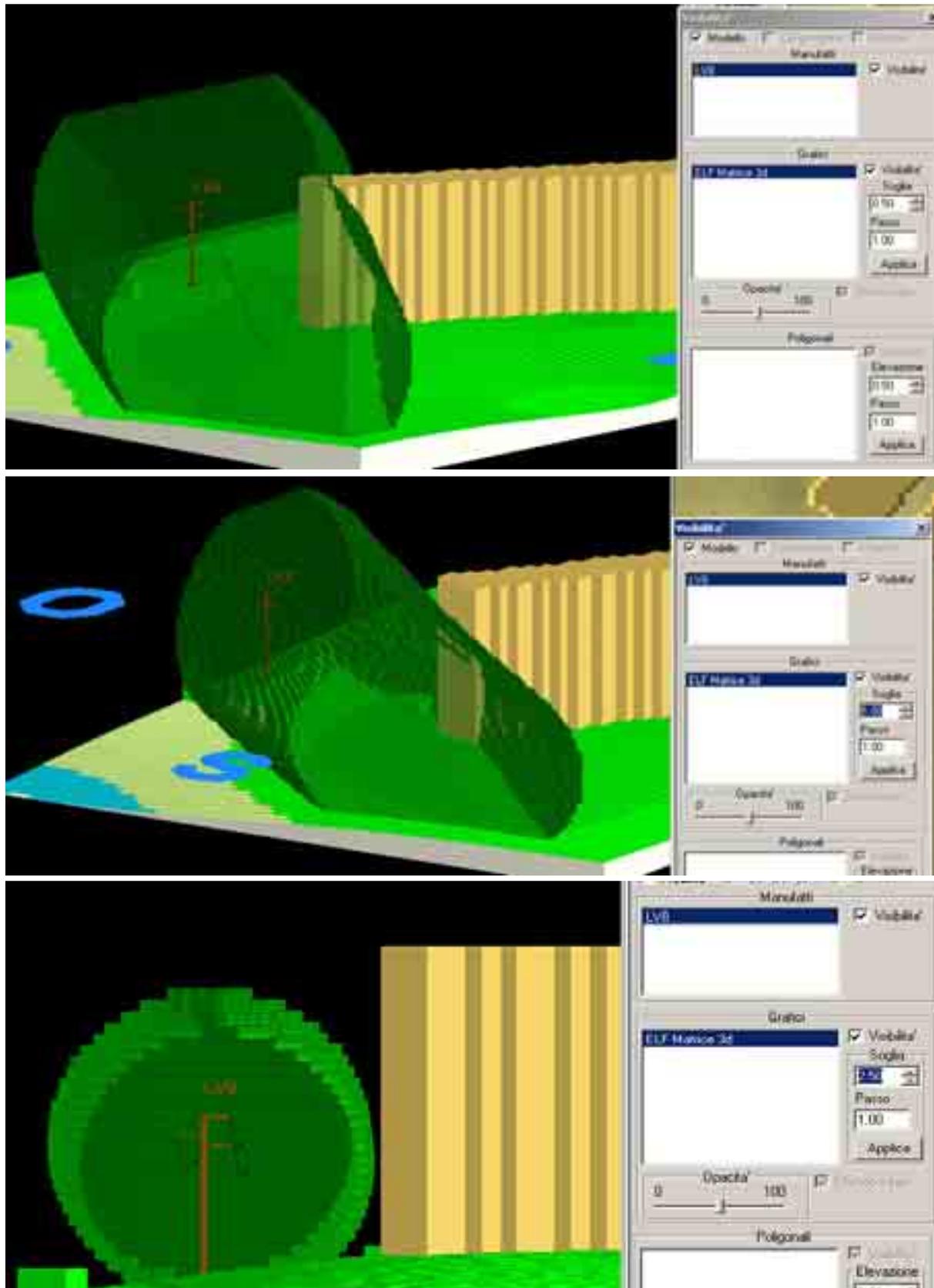


Fig.132, 133 e 134, Calcolo del Volume Prismatico alla soglia di 0,50 e 1,00 e 2,50 uT, corrente media di 400 (A), WinEDT.

Calcolo del Volume prismatico superficiale dell'area in analisi ad una corrente media di 200 e 400 Ampere utilizzando la scala automatica. Questa scala automatica acquisisce gli stessi colori, gli stessi intervalli, però valori diversi. E' stata usata questa scala perché le altre scale disponibili non facilitavano l'interpretazione di questo fenomeno.

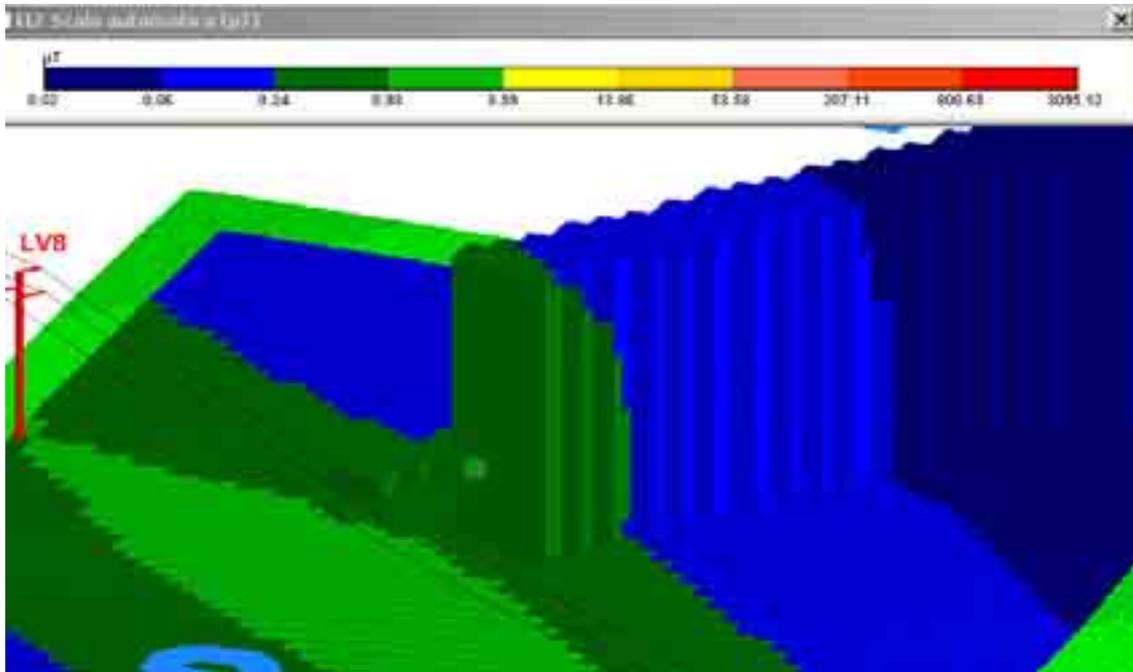


Fig. 135 - Calcolo Prismatico superficiale in 3D a 200 A, WinEDT

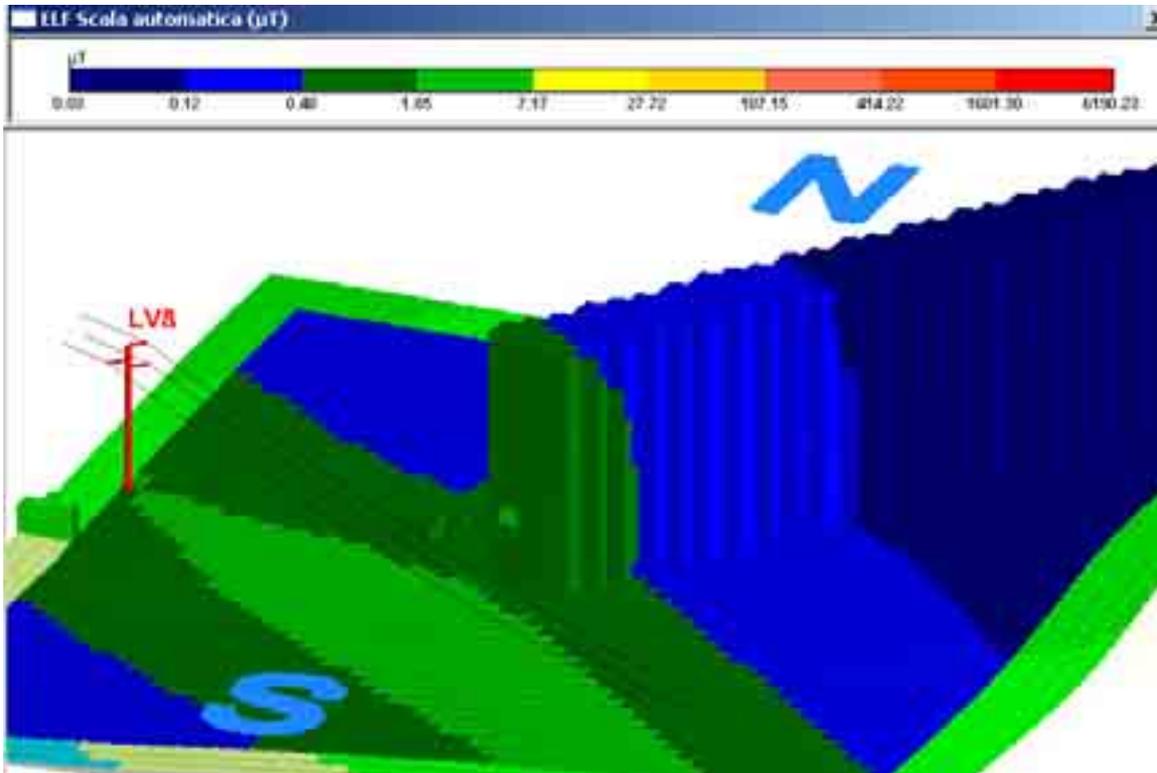


Fig.136 - Calcolo Prismatico superficiale in 3D a 400 A, WinEDT.

RISULTATI - Determinazione del numero degli edifici impattati

Creati i temi con la rappresentazione dei campi magnetici, la determinazione del numero totale degli edifici impattati per ciascuna linea (Laurentina Vitinia e Laurentina C. Romano), è stata effettuata attraverso un'ispezione visiva effettuata sui temi così ottenuti.

Linea Elettrica	Laurentina Vitinia		Laurentina C. Romano	
Gestore	ACEA		ACEA	
Tensione Nominale (Kv)	60		60	
Corrente Media (A)	200	400	200	400
N°. Edifici impattati per l'obiettivo di 100 μT	0	0	0	0
N°. Edifici impattati per l'obiettivo di 10 μT		1		1
N°. Edifici impattati per l'obiettivo di 3 μT			1	1

Tabella XIV – Numero totale d'edifici impattati secondo gli obiettivi di 100, 10 e 3 μT dall'DPCM di 8 luglio 2003.⁵⁰

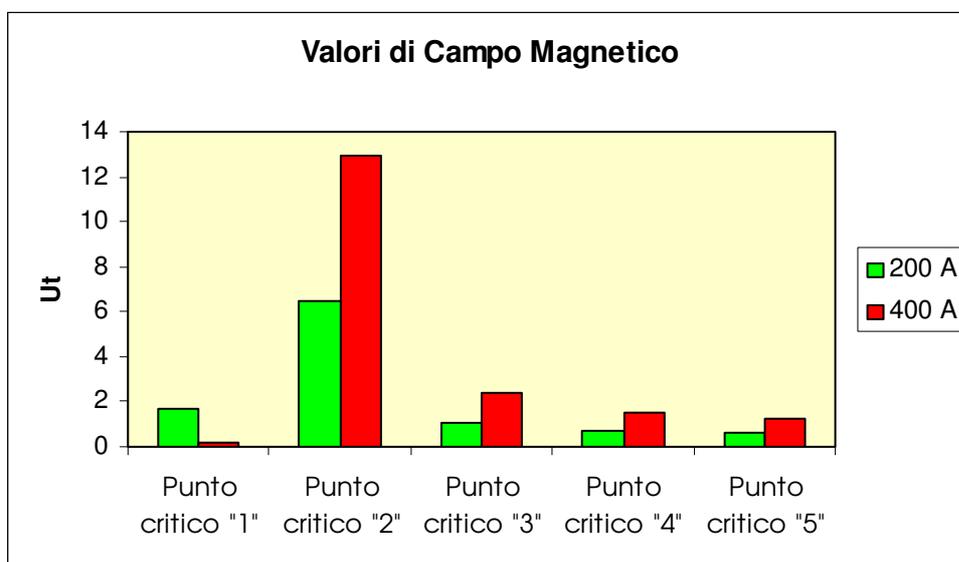


Fig.137- Grafico dei Valori del Campo Magnetico calcolato nei punti ELF ad una corrente media di 200 e 400 Ampere.

⁵⁰ DPCM di 8 luglio 2003, (Allegato A).

Dopo di essere stato compiuto lo studio e l'output finale, é stato necessario procedere ad un'osservazione "*in situ*" dei locali selezionati, nel senso di essere convalidata la valutazione realizzata.

L'intercollegamento dei dati ambientali e della salute, l'analisi del rischio della salute applicata alla prossimità dai palazzi ai tralicci di bassa frequenza e all'impatto del campo magnetico che essi imitano, è una relazione difficile da stabilire dovuto a mancanza di dati temporali. Esaminiamo un potenziale rischio di salute in quest'area della città, basato nella sovrapposizione di mappe che contengono diversi calcoli.

È certamente necessario avere ulteriori ricerche in modo da chiarire la questione della pericolosità del impatto del Campo Magnetico. Gli amministratori devono essere più chiari e trasparenti per quanto riguarda questa tematica, dando motivi validi alle scelte amministrative in modo da proseguire una politica di equa ripartizione tra i cittadini in modo da prevenire le situazioni di rischio alla salute pubblica.

Utilizzando i gis si possono sovrapporre le informazioni socio-ambientali, permettendo una migliore focalizzazione dei gruppi di rischio nella pianificazione del territorio e nella pianificazione dei progetti di sanità e vigilanza alla salute dei cittadini. I criteri usati in questo lavoro possono essere applicati e perfezionati allo scopo di migliorare a identificare le aree e i gruppi a rischio nelle microaree. Oltre a questo, il GIS, può essere usato come strumento didattico di dibattito alla popolazione meno informata sulle condizioni delle radiazioni emesse dal campo magnetico nello spazio urbano.

Usando i GIS si possono sovrapporre le informazioni tecniche alle informazioni sociali e a quelli ambientali in modo da manipolare le basi dei dati compatibili.

Il gis riesce a manovrare basi di dati che hanno diverse espressioni geometriche e logiche. Quest'eterogeneità è presente in tutte le tappe dello sviluppo del gis: dall'adozione del modello concettuale, al formato dei dati, al software utilizzato, all'hardware e ai diversi linguaggi. Questa caratteristica permette un'inter-operabilità dei dati, che risulta impossibile nei sistemi d'informazione convenzionale.

“What used to take months, we must do it in weeks.

Conclusioni

What used to take hours, we must do it in minutes.”⁵¹

La società dell'informazione si trova di fronte ad importanti sfide, qualunque sia l'area in cui ciascun individuo si posiziona. La scienza, la ricerca, le organizzazioni, le aziende, gli individui, la società in generale, tutti beneficiano dell'informazione disponibile. Dall'altro lato un crescente sviluppo delle nuove tecnologie di informazione potrà agevolare la capacità decisionale, basando tali processi su dati maggiormente oggettivi.

La necessità di conoscere profondamente e rigorosamente lo spazio sopra il quale intervenire e pianificare l'intervento diventa più importante e ciò è dovuto alla riduzione graduale delle risorse disponibili. La necessità di preservare l'ambiente con un continuo sviluppo delle innovazioni tecnologiche che permettono di sviluppare queste conoscenze.

La geografia rinasce come scienza della Terra e dello spazio e guadagna una nuova dimensione con le tecnologie emergenti e con gli strumenti informatici che gli permettono di sistematizzare e approfondire tutto il sapere esistente. L'informazione geografica si struttura e trova nelle nuove tecnologie informatiche meccanismi che ottimizzano il suo trattamento.

I vantaggi operativi di un sistema informativo geografico sono oggi riconosciuti e entusiasticamente accettati dalle organizzazioni e dai governi di molti paesi. Si cerca, all'interno delle più varie discipline, di aggiornare e contribuire ad una conoscenza completa e dettagliata della realtà, sapendo che l'informazione è una risorsa indispensabile al successo delle organizzazioni e alle conoscenze di una risorsa patrimoniale individuale e collettiva.

In quest'ottica diventa particolarmente rilevante l'adozione di una strategia comune ai paesi, che permetta l'unione di iniziative, l'adozione di norme, di procedimenti, criteri e obiettivi e, soprattutto la creazione di meccanismi che governano tali processi di attività. La definizione della strategia deve anticipare la prosecuzione di qualsiasi dovere, affinché tutti gli sforzi si uniscano in una stessa visione, in modo da avere risultati efficaci.

In particolare la conoscenza del territorio dal punto di vista dell'ubicazione degli impianti e dell'individuazione di aree a rischio è sicuramente uno dei più importanti obiettivi perseguiti da questo lavoro.

⁵¹ Tom Peters

Attualmente esistono ancora incertezze sperimentali sugli effetti biologici e sanitari, nonché scarsità e difficoltà del confronto tra le indagini epidemiologiche esistenti. In un futuro prossimo si spera che l'intensificazione delle ricerche interdisciplinari possa portare ad un risultato condiviso, sui veri effetti a lungo termine, dei campi magnetici generati dagli elettrodotti industriali. Il monitoraggio ambientale deve essere incentivato al fine di consentire la comparazione dei valori misurati con i limiti imposti dalle leggi. Questa procedura è fondamentale per offrire una corretta informazione pubblica in modo da controllare gli allarmismi infondati.

La valutazione dell'impatto delle sorgenti studiate sull'ambiente porta a considerare che in questo momento potrebbero avere alcune non conformità con l'attuale legge. Questo studio di sovrapposizioni dell'attuale informazione di uso del territorio, con il calcolo del Campo Magnetico e con gli eventuali studi epidemiologici si realizza molto facilmente tramite gli strumenti usati in questo lavoro. Questi strumenti diventano oggi fondamentali per la pianificazione del territorio e come supporto alle decisioni da parte degli enti governativi. La realizzazione di un archivio con le sorgenti dei campi sarebbe fondamentale, per consentire l'analisi delle varie situazioni ambientali anche dal punto di vista previsionale, permettendo così l'individuazione delle situazioni critiche. Si potrebbero agevolare e quindi la predisposizione di controlli mirati, il dimensionamento e la programmazione degli interventi di risanamento, la pianificazione di nuove linee, potendo definire l'impatto ambientale determinato quantomeno dalle linee elettriche esistenti.

Tuttavia il territorio è un sistema veramente dinamico e quindi i Sistemi Informativi Geografici dovrebbero essere aggiornati continuamente, Ciò richiede in particolare che la legislazione e le competenze delle autorità siano definite in maniera chiara e che possono informare la popolazione sull'attuale e futura realtà in modo semplice.

Allegato A

**DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 8 luglio 2003.
Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità
per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla
frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. (GU n. 200 del 29-8-2003)**

IL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Vista la legge del 22 febbraio 2001, n. 36, e, in particolare, l'art. 4, comma 2, lettera a) che prevede che con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro della sanità, siano fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione dalla esposizione della popolazione, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche; Visto il proprio decreto, in data 23 aprile 1992, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 104 del 6 maggio 1992, recante i limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno; Visto il proprio decreto in data 28 settembre 1995, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 232 del 4 ottobre 1995, recante le norme tecniche procedurali di attuazione del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 relativamente agli elettrodotti; Vista la raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. L. 199 del 30 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizioni della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300 GHz;

Visto il parere del Consiglio superiore di sanità, espresso nella seduta del 24 giugno 2002; Preso atto della dichiarazione del Comitato internazionale di valutazione per l'indagine sui rischi sanitari dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici, ed elettromagnetici (CEM); Preso atto che non è stata acquisita l'intesa con la Conferenza unificata di cui all'art. 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281;

Vista la deliberazione del Consiglio dei Ministri, adottata nella riunione del 21 febbraio 2003, con la quale è stato deciso che debba avere ulteriore corso il presente decreto;

Sentite le competenti commissioni parlamentari;

Sulla proposta del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro della salute; Decreta:

Art. 1. Campo di applicazione

1. Le disposizioni del presente decreto fissano limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. Nel medesimo ambito, il presente decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.
2. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui al presente decreto non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.
3. A tutela delle esposizioni a campi a frequenze comprese tra 0 Hz e 100 kHz, generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti, si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.
4. Ai sensi dell'art. 1, comma 2, della legge 22 febbraio 2001, n. 36, le regioni a statuto speciale e le province autonome di Trento e Bolzano provvedono alle finalità del presente decreto nell'ambito delle competenze ad esse spettanti ai sensi degli statuti e delle relative norme di attuazione e secondo quanto disposto dai rispettivi ordinamenti.

Art. 2. Definizioni

1. Ferme restando le definizioni di cui all'art. 3 della legge 22 febbraio 2001, n. 36, ai fini del presente decreto le definizioni delle grandezze fisiche citate sono riportate nell'allegato A che costituisce parte integrante del decreto stesso.

Art. 3. Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di **100 μ T** per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
2. **A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si**

assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 4. Obiettivi di qualità

1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 5. Tecniche di misurazione e di determinazione dei livelli d'esposizione

1. Le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6 prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz con riferimento all'esposizione umana» e successivi aggiornamenti.

2. Per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le relative procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

3. Per la verifica del rispetto delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui al commi 1 e 2, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto. Per gli elettrodotti con tensione di esercizio non inferiore a 132 kV, gli esercenti devono fornire agli organi di controllo, secondo modalità fornite dagli stessi, con frequenza trimestrale, 12 valori per ciascun giorno, corrispondenti ai valori medi delle correnti registrati ogni 2 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 6. Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti

1. Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e **alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV**. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

2. L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Art. 7. Aggiornamento delle conoscenze

1. Il Comitato interministeriale di cui all'art. 6 della legge quadro n. 36/2001 procede, nei successivi tre anni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, all'aggiornamento dello stato delle conoscenze, conseguenti alle ricerche scientifiche prodotte a livello nazionale ed internazionale, in materia dei possibili rischi sulla salute originati dai campi elettromagnetici.

Art. 8. Abrogazione di norme

1. Dalla data di entrata in vigore del presente decreto non si applicano, in quanto incompatibili, le disposizioni dei decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 e 28 settembre 1995. Il presente decreto sarà pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Roma, 8 luglio 2003

Il Presidente del Consiglio dei Ministri

Berlusconi

Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio

Matteoli

Il Ministro della salute Sirchia.

Allegato B

La legge 22 febbraio 2001, n. 36 è il risultato di un lungo lavoro parlamentare, iniziato nella primavera del 1998, quando la VIII Commissione della Camera dei deputati avviò l'esame in sede referente di diverse proposte di legge, abbinandole ad un disegno di iniziativa governativa. L'approvazione definitiva della legge ha consentito di dotare l'ordinamento di una «**legge quadro**» nel settore, che interviene sostanzialmente sui seguenti aspetti: lo spettro dei valori delle frequenze, da **0 Hz a 300 GHz, ossia quelle «basse»** (elettricità) e quelle «alte» (telefonia e onde radio); gli effetti, sia acuti che a lungo termine, dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici; i rischi per la popolazione e per i lavoratori.

La legge prevede, inoltre, l'introduzione di vincoli agli strumenti urbanistici, attraverso l'individuazione di zone di interdizione e di zone di rispetto, e la definizione di piani di risanamento per gli impianti esistenti che dovessero risultare fuori norma.

Il provvedimento, frutto di approfondite analisi in sede parlamentare e governativa circa gli effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici, è strutturato in modo tale che la sua attuazione sia assicurata da successivi atti normativi di natura secondaria, con cui si definiscono valori, limiti ed obiettivi nella materia. In particolare la legge prevede, all'articolo 4, comma 2, che con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del ministro dell'ambiente, di concerto con il ministro della sanità, sentiti l'apposito comitato interministeriale e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata, **siano dettati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dai rischi derivanti dall'inquinamento elettromagnetico. È altresì disposta una procedura «di salvaguardia», in caso di mancata intesa in sede di Conferenza unificata.** Nonostante l'approvazione della legge all'inizio del 2001, non si è tuttavia riusciti, prima della conclusione della XIII legislatura, a giungere alla emanazione dei provvedimenti attuativi della legge. A tal fine, il Governo ha elaborato - nella presente legislatura - due schemi di provvedimenti, uno relativo ai campi elettrici e magnetici generati a frequenze comprese tra 100 khz e 300 Ghz, l'altro relativo alla frequenza di rete (50 Hz) generata dagli elettrodotti, sui quali peraltro non è stata raggiunta l'intesa in sede di Conferenza unificata. Gli schemi di decreti del Presidente del Consiglio dei ministri sono stati quindi deliberati da parte del Consiglio dei ministri, applicando la citata disposizione «di salvaguardia» di cui alla legge n. 36 del 2001.

Tali schemi hanno ottenuto il parere favorevole (con osservazioni) della VIII Commissione della Camera, in cui tuttavia si è sviluppato un dibattito incentrato sostanzialmente sulla differente valutazione, da parte delle varie forze politiche, dei limiti da fissare per i campi elettromagnetici, con particolare riferimento ai rischi derivanti dall'esposizione prolungata a tali campi.

In questo contesto, è stata particolarmente controversa la valutazione circa l'impostazione seguita dal Governo nel fissare i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità. Per la maggioranza della Commissione, tale impostazione è apparsa coerente con i principi di prevenzione e precauzione che devono caratterizzare la legislazione ambientale; in particolare il livello soddisfacente di cautela sarebbe dimostrato dall'adozione di valori più bassi rispetto a quelli assunti dagli altri paesi europei. Tuttavia, su tale valutazione non vi è stata convergenza da parte di tutta la Commissione, in quanto sono emersi, durante l'esame parlamentare, anche elementi di preoccupazione in ordine ai rischi potenziali derivanti dalla fissazione di limiti che - secondo alcune delle tesi sostenute in sede scientifica - sarebbero ancora troppo alti. Le incertezze interpretative risultano peraltro alimentate dalla circostanza che non esistono, ad oggi, dati scientifici unanimemente condivisi sui rischi da esposizione prolungata ai campi elettromagnetici, che possano considerarsi ufficialmente accertati dalla comunità scientifica internazionale.

A tali problematiche deve altresì aggiungersi la considerazione che, in relazione a questa materia, esiste un altro significativo aspetto da affrontare, che risiede nell'opportunità di una seria «analisi costi/benefici», dalla quale si possa concretamente valutare l'entità ed il peso delle misure adottate (o da adottare) in relazione agli effettivi rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici. È a tutti noto che l'Unione europea ha più volte ribadito che l'applicazione concreta del principio di precauzione deve sempre essere fondata su una attenta valutazione del rapporto fra i costi e i benefici. I primi sono infatti accertabili, mentre i secondi - proprio per la non evidenza delle risultanze scientifiche - sono solo presunti. Occorre quindi un attento bilanciamento di questi elementi, a supporto delle decisioni politiche. In questo senso, è opportuno anche raccogliere le valutazioni e i dati forniti dagli operatori del settore più direttamente interessati alle descritte problematiche. Occorre dunque che la VIII Commissione sia posta in grado di acquisire ulteriori specifiche conoscenze su tale tematica, oggetto di un forte e diffuso allarme sociale, sulla quale la stessa scienza ufficiale ha talvolta espresso, nelle sue diverse branche, opinioni discordanti, come evidenziato in particolare dai numerosi studi fisico-biologici ed epidemiologici prodotti.

Alla luce di tali considerazioni, appare pertanto opportuno che il Parlamento individui il quadro dei complessi problemi esistenti, mediante l'acquisizione di tutti i possibili elementi di informazione, anche al fine di valutare l'opportunità di eventuali ulteriori interventi in grado di attuare efficacemente gli obiettivi evidenziati.

In relazione a tale situazione, l'ufficio di presidenza, integrato dai rappresentanti dei gruppi, della VIII Commissione (Ambiente, territorio e lavori pubblici) ha pertanto convenuto sull'opportunità di svolgere un'indagine conoscitiva, ai sensi dell'articolo 144 del regolamento, per verificare le principali questioni esistenti, anche alla luce delle più recenti acquisizioni scientifiche, partendo dagli elementi acquisiti nel corso dell'iter di approvazione della legge n. 36 del 2001, con particolare riferimento al documento ISS-ISPEL del 1998. L'indagine conoscitiva si articolerà nelle audizioni dei seguenti soggetti:

Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio;

Ministro delle comunicazioni;

Ministro della salute;

nonché nelle audizioni di rappresentanti:

di centri di ricerca, associazioni ed istituti, anche universitari, nonché di organismi nazionali ed internazionali, specializzati in materia di valutazione degli effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici;

dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT);

dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS);

dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPEL);

dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS);

di aziende operanti nel mercato italiano dell'energia elettrica;

di aziende operanti nel mercato italiano delle telecomunicazioni;

di associazioni ambientaliste;

del coordinamento nazionale per la tutela dai campi elettromagnetici (CONACEM).

Il termine per la conclusione dell'indagine è fissato per il 15 dicembre 2003.

La Commissione approva la proposta del presidente.

La seduta termina alle 13.10.

(strato da <http://www.apat.gov.it>)

Legge 22 febbraio 2001 n. 36 (Gazzetta Ufficiale (G.U. n°. 55 del 07/03/01) *Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*, fonte: www.ambiente.it

Articolo 1. (Finalità della legge)

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 [1];

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, comma 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea [2];

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.

Le regioni a statuto speciale e le province autonome di Trento e di Bolzano si adeguano ai principi della presente legge nel rispetto degli statuti di autonomia e delle relative norme di attuazione.

Articolo 2. (Ambito di applicazione)

1. 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 fissi per radiodiffusione.

2. Le disposizioni della presente legge non si applicano nei casi di esposizione intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici. Agli apparecchi ed ai dispositivi di uso domestico, individuale e lavorativo si applicano esclusivamente le disposizioni di cui agli articoli 10 e 12 della presente legge.

3. Nei riguardi delle Forze armate e delle Forze di polizia le norme della presente legge sono applicate tenendo conto delle particolari esigenze connesse al servizio espletato, individuati con il decreto di cui all'articolo 4, comma 2, lettera a).

4. Restano ferme le competenze in materia di sicurezza e salute dei lavoratori attribuite dalle disposizioni vigenti ai servizi sanitari e tecnici istituiti per le Forze armate e per le Forze di polizia; i predetti servizi sono competenti altresì per le aree riservate od operative e per quelle che presentano analoghe esigenze individuate con il decreto di cui al comma 3.

Articolo 3. (Definizioni)

1. Ai fini dell'applicazione della presente legge si assumono le seguenti definizioni:

a) esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;

b) 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 per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera *a*);

c) 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 per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere *b*) e *c*). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei termini e nei modi previsti dalla legge;

d) obiettivo di qualità sono:

1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8;

2) i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi;

e) elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

f) esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;

g) esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;

h) stazioni e sistemi o impianti radioelettrici: sono uno o più trasmettitori, nonché ricevitori, o un insieme di trasmettitori e ricevitori, ivi comprese le apparecchiature accessorie, necessari in una data postazione ad assicurare un servizio di radiodiffusione, radiocomunicazione o radioastronomia;

i) impianto per telefonia mobile: è la stazione radio di terra del servizio di telefonia mobile, destinata al collegamento radio dei terminali mobili con la rete del servizio di telefonia mobile;

l) impianto fisso per radiodiffusione: è la stazione di terra per il servizio di radiodiffusione televisiva o radiofonica.

Articolo 4. (Funzioni dello Stato)

1. Lo Stato esercita le funzioni relative:

a) alla determinazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità in quanto valori di campo come definiti dal numero 2 della lettera d) dell'articolo

3., in considerazione del preminente interesse nazionale alla definizione di criteri unitari e di normative omogenee in relazione alle finalità di cui all'articolo 1;

b) alla promozione di attività di ricerca e di sperimentazione tecnico-scientifica, nonché al coordinamento dell'attività di raccolta, di elaborazione e di diffusione dei dati, informando annualmente il Parlamento su tale attività; in particolare il Ministro della sanità promuove, avvalendosi di istituzioni pubbliche e private senza fini di lucro, aventi comprovata esperienza nel campo scientifico, un programma pluriennale di ricerca epidemiologica e di cancerogenesi sperimentale, al fine di approfondire i rischi connessi all'esposizione a campi elettromagnetici a bassa e alta frequenza;

c) all'istituzione del catasto nazionale delle sorgenti fisse e mobili dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e delle zone territoriali interessate al fine di rilevare i livelli di campo presenti nell'ambiente;

d) alla determinazione dei criteri di elaborazione dei piani di risanamento di cui all'articolo 9, comma 2, con particolare riferimento alle priorità di intervento, ai tempi di attuazione ed alle modalità di coordinamento delle attività riguardanti più regioni nonché alle migliori tecnologie disponibili per quanto attiene alle implicazioni di carattere economico ed impiantistico;

e) all'individuazione delle tecniche di misurazione e di rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico;

f) alla realizzazione di accordi di programma con gli con i gestori di elettrodotti ovvero con i proprietari degli stessi o delle reti di trasmissione o con coloro che ne abbiano comunque la disponibilità nonché con gli esercenti di impianti per emittenza radiotelevisiva e telefonia mobile, al fine di promuovere tecnologie e tecniche di costruzione degli impianti che consentano di minimizzare le emissioni nell'ambiente e di tutelare il paesaggio;

g) alla definizione dei tracciati degli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV;

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.

2. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico e i parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti, di cui al comma 1, lettere *a)*, *e)* e *h)*, sono stabiliti, entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge:

a) per la popolazione, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro della sanità, sentito il Comitato di cui all'articolo 6, sentite le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, di seguito denominata "Conferenza unificata";

b) per i lavoratori e le lavoratrici, ferme restando le disposizioni previste dal decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, con decreto del

Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro della sanità, sentiti i Ministri dell'ambiente e del lavoro e della previdenza sociale, sentito il Comitato di cui all'articolo 6, sentite le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata. Il medesimo decreto disciplina, altresì, il regime di sorveglianza medica sulle lavoratrici e sui lavoratori professionalmente esposti.

3. Qualora entro il termine previsto dal comma 2 non siano state raggiunte le intese in sede di Conferenza unificata, il Presidente del Consiglio dei ministri entro i trenta giorni successivi adotta i decreti di cui al comma 2, lettere *a)* e *b)*.

4. Alla determinazione dei criteri di elaborazione dei piani di risanamento, ai sensi del comma 1, lettera *d)*, si provvede, entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, previo parere del Comitato di cui all'articolo 6 e della Conferenza unificata.

5. Le regioni adeguano la propria legislazione ai limiti di esposizione, ai valori di attenzione, limitatamente all'accezione di cui al numero 2), lettera *d*), dell'articolo 3 della presente legge e agli obiettivi di qualità previsti dai decreti di cui al comma 2 del presente articolo.

6. Per le finalità di cui al presente articolo è autorizzata la spesa di lire 8.000 milioni per ciascuno per ciascuno degli anni 2001, 2002 e 2003 per le attività di cui al comma 1, lettera *b*), di lire 2.000 milioni annue a decorrere dall'anno 2001 per le attività di cui al comma 1, lettera *c*), e di lire 5.000 milioni per ciascuno degli anni 2001, 2002 e 2003 per la realizzazione degli accordi di programma di cui al comma 1, lettera *f*), nonché per gli ulteriori accordi di programma di cui agli articoli 12 e 13.

Articolo 5. (Misure di tutela dell'ambiente e del paesaggio. Procedimento di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio di elettrodotti)

1. Al fine di tutelare l'ambiente e il paesaggio, con apposito regolamento adottato, entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, ai sensi dell'articolo 17, comma 2, della legge 23 agosto 1988, n. 400, e dell'articolo 29, comma 2, lettera *g*), del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, su proposta dei Ministri dei lavori pubblici e per i beni e le attività culturali, previo parere del Comitato di cui all'articolo 6 e sentite le competenti Commissioni parlamentari, sono adottate misure specifiche relative alle caratteristiche tecniche degli impianti e alla localizzazione dei tracciati per la progettazione, la costruzione e la modifica di elettrodotti e di impianti per telefonia mobile e radiodiffusione. Con lo stesso regolamento vengono indicate le particolari misure atte ad evitare danni ai valori ambientali e paesaggistici e possono essere adottate ulteriori misure specifiche per la progettazione, la costruzione e la modifica di elettrodotti nelle aree soggette a vincoli imposti da leggi statali o regionali, nonché da strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, a tutela degli interessi storici, artistici, architettonici, archeologici, paesaggistici e ambientali, fermo restando quanto disposto dal testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, approvato con decreto legislativo 29 ottobre 1999, n. 490, e fermo restando il rispetto dei predetti vincoli e strumenti di pianificazione.

2. Con il medesimo regolamento di cui al comma 1 sono adottate misure di contenimento del rischio elettrico degli impianti di cui allo stesso comma 1, ed in particolare del rischio di elettrolocuzione e di collisione dell'avifauna.

3. Con il medesimo regolamento di cui al comma 1 è definita una nuova disciplina dei procedimenti di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio degli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, in modo da assicurare il rispetto dei principi della presente legge, ferme restando le vigenti disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale. Tale disciplina si conforma inoltre ai seguenti criteri e principi:

a) semplificazione dei procedimenti amministrativi;

b) individuazione delle tipologie di infrastrutture a minore impatto ambientale, paesaggistico e sulla salute dei cittadini;

c) concertazione con le regioni e gli enti locali interessati nell'ambito dei procedimenti amministrativi di definizione dei tracciati;

d) individuazione delle responsabilità e delle procedure di verifica e controllo;

e) riordino delle procedure relative alle servitù di elettrodotto e ai relativi indennizzi.

f) valutazione preventiva dei campi elettromagnetici preesistenti.

4. Le norme, anche di legge, che disciplinano i procedimenti indicati al comma 3, individuate dal regolamento di cui al medesimo comma, sono abrogate con effetto dalla data di entrata in vigore del regolamento medesimo.

Articolo 6. (Comitato interministeriale per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico)

1. È istituito il Comitato interministeriale per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico, di seguito denominato "Comitato".

2. Il Comitato è presieduto dal Ministro dell'ambiente o dal Sottosegretario all'ambiente delegato, ed è composto altresì dai Ministri, o dai Sottosegretari delegati, della sanità, dell'università e della ricerca scientifica e tecnologica, del lavoro e della previdenza sociale, del tesoro,

Articolo 7. (Catasto nazionale)

1. Il catasto nazionale di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), é costituito, entro 120 giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, dal Ministro dell'ambiente, sentiti il Ministro della sanità ed il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, nell'ambito del sistema informativo e di monitoraggio di cui all'articolo 8 del decreto del Presidente della Repubblica 4 giugno 1997, n. 335. Il catasto nazionale opera in coordinamento con i catasti regionali di cui all'articolo 8, comma 1, lettera d). Le modalità di inserimento dei dati sono definite dal Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro delle comunicazioni, per quanto riguarda l'inserimento dei dati relativi a sorgenti fisse connesse ad impianti, sistemi ed apparecchiature radioelettrici per usi civili di telecomunicazioni, con il Ministro dei lavori pubblici e con il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, per quanto riguarda l'inserimento dei dati relativi agli elettrodotti, con il Ministro dei trasporti e della navigazione, per quanto riguarda l'inserimento dei dati relativi agli impianti di trasporto, e con i Ministri della difesa e dell'interno, per quanto riguarda l'inserimento dei dati relativi a sorgenti fisse connesse ad impianti, sistemi ed apparecchiature per usi militari e delle forze di polizia.

Articolo 8. (Competenze delle regioni, delle province e dei comuni)

1. Sono di competenza delle regioni, nel rispetto dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità nonché dei criteri e delle modalità fissati dallo Stato, fatte salve le competenze dello Stato e delle autorità indipendenti:

a) l'esercizio delle funzioni relative all'individuazione dei siti di trasmissione e degli impianti per telefonia mobile, degli impianti radioelettrici e degli impianti per radiodiffusione, ai sensi della legge 31 luglio 1997, n. 249, e nel rispetto del decreto di cui all'articolo 4, comma 2, lettera a), e dei principi stabiliti dal regolamento di cui all'articolo 5;

b) la definizione dei tracciati degli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV, con la previsione di fasce di rispetto secondo i parametri fissati ai sensi dell'articolo 4 e dell'obbligo disegnarle;

c) le modalità per il rilascio delle autorizzazioni alla installazione degli impianti di cui al presente articolo, in conformità a criteri di semplificazione amministrativa, tenendo conto dei campi elettrici, magnetici e elettromagnetici preesistenti;

d) la realizzazione e la gestione, in coordinamento con il catasto nazionale di cui all'articolo 4, comma 1, lettera *c)*, di un catasto delle sorgenti fisse dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, al fine di rilevare i livelli dei campi stessi nel territorio regionale, con riferimento alle condizioni di esposizione della popolazione;

e) l'individuazione degli strumenti e delle azioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità di cui al numero 1) della lettera *d)* dell'articolo 3;

f) il concorso all'approfondimento delle conoscenze scientifiche relative agli effetti per la salute, in particolare quelli a lungo termine, derivanti dall'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

2. Nell'esercizio delle funzioni di cui al comma 1, lettere *a)* e *c)*, le regioni si attengono ai principi relativi alla tutela della salute pubblica, alla compatibilità ambientale ed alle esigenze di tutela dell'ambiente e del paesaggio.

3. In caso di inadempienza delle regioni, si applica l'articolo 5 del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112.

4. Le regioni, nelle materie di cui al comma 1, definiscono le competenze che spettano alle province ed ai comuni, nel rispetto di quanto previsto dalla legge 31 luglio 1997, n. 249.

5. Le attività di cui al comma 1, riguardanti aree interessate da installazioni militari o appartenenti ad altri organi dello Stato con funzioni attinenti all'ordine e alla sicurezza pubblica, sono definite mediante specifici accordi dai comitati misti paritetici di cui all'articolo 3 della legge 24 dicembre 1976, n. 898, e successive modificazioni.

6. I comuni possono adottare un regolamento per assicurare il corretto insediamento urbanistico e territoriale degli impianti e minimizzare l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

Articolo 9. (Piani di risanamento)

1. Entro dodici mesi dalla data di emanazione del decreto di cui all'articolo 4, comma 2, lettera

a), la regione adotta, su proposta dei soggetti gestori e sentiti i Comuni interessati, un piano di risanamento al fine di adeguare, in modo graduale, e comunque entro il termine di ventiquattro mesi, gli impianti radioelettrici già esistenti ai limiti di esposizione, ai valori di attenzione ed agli obiettivi di qualità stabiliti secondo le norme della presente legge. Trascorsi dodici mesi dalla data di emanazione del decreto di cui all'articolo 4, comma 2, lettera *a)*, in caso di inerzia o inadempienza dei gestori, il piano di risanamento è adottato dalle regioni d'intesa con i comuni e gli enti interessati entro i successivi tre mesi. Il piano, la cui realizzazione è controllata dalle regioni, può prevedere anche la delocalizzazione degli impianti di radiodiffusione in siti conformi alla pianificazione in materia, e degli impianti di diversa tipologia in siti idonei. Il risanamento è effettuato con onere a carico dei titolari degli impianti.

2. Entro dodici mesi dalla data di emanazione del decreto di cui all'articolo 4, comma 4, i gestori degli elettrodotti presentano una proposta di piano di risanamento, al fine di assicurare la tutela della salute e dell'ambiente. Il piano deve prevedere i progetti che si intendono attuare allo scopo di rispettare i limiti di esposizione e i valori di attenzione e raggiungere gli obiettivi di qualità stabiliti dal decreto di cui all'articolo 4, comma 2, lettera *a)*. I proprietari di porzioni della rete di trasmissione nazionale o coloro che comunque ne abbiano la disponibilità sono tenuti a fornire tempestivamente al gestore della rete di trasmissione nazionale, entro sei mesi dall'emanazione del decreto di cui al comma 2, lettera *a)*, dell'articolo 4, le proposte degli interventi di risanamento delle linee di competenza, nonché tutte le informazioni necessarie ai fini della presentazione della proposta di piano di risanamento. Esso deve indicare il programma cronologico d'attuazione, adeguandosi alle priorità stabilite dal citato decreto, considerando comunque come prioritarie le situazioni sottoposte a più elevati livelli d'inquinamento elettromagnetico, in prossimità di destinazioni residenziali, scolastiche, sanitarie, o comunque di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore, con particolare

riferimento alla tutela della popolazione infantile. Trascorsi dodici mesi dalla data di emanazione del decreto di cui all'articolo 4, comma 2, lettera a, in caso di inerzia o inadempienza dei gestori, il piano di risanamento di cui al primo periodo del comma 3 è proposto dalla regione entro i successivi tre mesi.

3. Per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, la proposta di piano di risanamento è presentata al Ministero dell'ambiente. Il piano è approvato, con eventuali modifiche, integrazioni e prescrizioni, entro sessanta giorni, dal Ministro dell'ambiente, di concerto con i Ministri dell'industria, del commercio e dell'artigianato e dei lavori pubblici, sentiti il Ministro della sanità e le regioni ed i comuni interessati. **Per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV, la proposta di piano di risanamento è presentata alla regione, che approva il piano, con eventuali modifiche, integrazioni e prescrizioni, entro sessanta giorni, sentiti i comuni interessati.**

Trascorsi dodici mesi dalla data di emanazione del decreto di cui all'articolo 4, comma 2, lettera a, in caso di inerzia o inadempienza dei gestori, il piano di risanamento per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV è adottato dalla regione, nei termini di cui al terzo periodo del presente comma.

4. Il risanamento degli elettrodotti deve essere completato entro dieci anni dalla data di entrata in vigore della presente legge. Entro il 31 dicembre 2004 ed entro il 31 dicembre 2008, deve essere comunque completato il risanamento degli elettrodotti che non risultano conformi, rispettivamente, ai limiti di cui all'articolo 4 ed alle condizioni di cui all'articolo 5 del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 23 aprile 1992, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 104 del 6 maggio 1992, al fine dell'adeguamento ai limiti di esposizione ed ai valori di attenzione stabiliti ai sensi dell'articolo 4, comma 2, lettera a), della presente legge. Il risanamento è effettuato con onere a carico dei proprietari degli elettrodotti, come definiti ai sensi del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79. L'Autorità per l'energia elettrica ed il gas, ai sensi dell'articolo 2, comma 12, della legge 14 novembre 1995, n. 481, determina, entro sessanta giorni dall'approvazione del piano di risanamento, la valutazione dei costi strettamente connessi all'attuazione degli interventi di risanamento nonché i criteri, le modalità e le condizioni per il loro eventuale recupero.

5. Ai fini della concessione di contributi alle regioni per l'elaborazione dei piani di risanamento, la realizzazione dei catasti regionali e l'esercizio delle attività di controllo e

di monitoraggio, è autorizzata la spesa massima di lire 2.000 milioni annue a decorrere dall'anno 2001. Le somme derivanti dall'applicazione delle sanzioni previste dall'articolo 15, versate all'entrata del bilancio dello Stato, sono riassegnate nella misura del 100 per cento, con decreto del Ministro del tesoro, del bilancio e della programmazione economica, ad apposite unità previsionali di base dello stato di previsione del Ministero dell'ambiente; tali somme sono destinate, sulla base di criteri determinati dalla Conferenza unificata, alla concessione di contributi alle regioni, ad integrazione delle risorse ad esse assegnate ai sensi del primo periodo del presente comma, ai fini dell'elaborazione dei piani di risanamento, della realizzazione dei catasti regionali e dell'esercizio delle attività di controllo e di monitoraggio.

6. Il mancato risanamento degli elettrodotti, delle stazioni e dei sistemi radioelettrici, degli impianti fissi per telefonia mobile e degli impianti per radiodiffusione, secondo le prescrizioni del piano, dovuto ad inerzia o inadempienza dei proprietari degli elettrodotti o di coloro che ne abbiano comunque la disponibilità, fermo restando quanto previsto dall'articolo 15, comporta il mancato riconoscimento da parte del gestore della rete di trasmissione nazionale del canone di utilizzo relativo alla linea non risanata e la disattivazione dei suddetti impianti per un periodo fino a sei mesi, garantendo comunque i diritti degli utenti all'erogazione del servizio di pubblica utilità. La disattivazione è disposta:

a) con provvedimento del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentiti il Ministro della sanità e del lavoro e della previdenza sociale nonché le regioni interessate, per quanto riguarda gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV;

b) con provvedimento del presidente della giunta regionale per quanto riguarda gli elettrodotti con tensione inferiore a 150 kV ed i sistemi radioelettrici, con esclusione degli impianti per telefonia mobile e per radiodiffusione e degli impianti fissi per telefonia fissa nonché delle stazioni radioelettriche per trasmissione di dati, la cui disattivazione è disposta con provvedimento del Ministro delle comunicazioni che assicura l'uniforme applicazione della disciplina sul territorio nazionale.

7. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, su ciascuna struttura di cui alle lettere e), h) ed l) del comma 1 dell'articolo 3 deve essere applicata una etichetta informativa ben visibile, riportante la tensione prodotta, i valori di esposizione

rintracciabili nella documentazione autorizzativa, i limiti di esposizione ed i valori di attenzione prescritti dalle leggi nazionali e regionali e le distanze di rispetto. Articolo 10. (Educazione ambientale)

1. Il Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministero della sanità, dell'università per la ricerca scientifica e tecnologica e della pubblica istruzione promuove lo svolgimento di campagne di informazione e di educazione ambientale ai sensi della legge 8 luglio 1986, n. 349. A tale fine è autorizzata la spesa di lire 2.000 milioni annue a decorrere dall'anno 2001.

Articolo 11. (Partecipazione al procedimento amministrativo)

1. Ai procedimenti di definizione dei tracciati degli elettrodotti, di cui agli articoli 4 e 8, nonché ai procedimenti di adozione e approvazione dei piani di risanamento di cui all'articolo 9, comma 2, si applicano le disposizioni di cui al capo III della legge 7 agosto 1990, n. 241, e successive modificazioni, sulla partecipazione al procedimento amministrativo.

Articolo 12. (Apparecchiature di uso domestico, individuale o lavorativo)

1. Con decreto del Ministro dell'ambiente, di concerto con il Ministro della sanità, previo parere del Comitato di cui all'articolo 6, sentite le competenti Commissioni parlamentari, sono stabilite, entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, tenendo conto anche degli orientamenti e degli atti dell'Unione europea in materia di inquinamento elettromagnetico, tutela dei consumatori e istruzioni per l'uso dei prodotti, le informazioni che i fabbricanti di apparecchi e dispositivi, in particolare di uso domestico, individuale o lavorativo, generanti campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, sono tenuti a fornire agli utenti, ai lavoratori e alle lavoratrici, mediante apposite etichettature o schede informative. Le informazioni devono riguardare, in particolare, i livelli di esposizione prodotti dall'apparecchio o dal dispositivo, la distanza di utilizzo consigliata per ridurre l'esposizione al campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico e le principali prescrizioni di sicurezza. Con lo stesso decreto sono individuate le tipologie di apparecchi e dispositivi per i quali non vi è emissione di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, o per i quali tali emissioni sono da ritenersi così basse da non richiedere alcuna precauzione.

2. Il Comitato di cui all'articolo 6 promuove la realizzazione di intese ed accordi di programma con le imprese produttrici di apparecchiature di uso domestico, individuale o

lavorativo, che producono campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, al fine di favorire e sviluppare tecnologie che consentano di minimizzare le emissioni.

Articolo 13. (Accordi di programma per i servizi di trasporto pubblico)

1. Il Ministro dell'ambiente, su proposta del Comitato di cui all'articolo 6, promuove la realizzazione di intese ed accordi di programma con i gestori di servizi di trasporto pubblico che producono campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, al fine di favorire e sviluppare tecnologie che consentano di minimizzare le emissioni.

Articolo 14. (Controlli)

1. 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, di cui al decreto-legge 4 dicembre 1993, n. 496, convertito, con modificazioni, dalla legge 21 gennaio 1994, n. 61. Restano ferme le competenze in materia di vigilanza nei luoghi di lavoro attribuite dalle disposizioni vigenti.

2. Nelle regioni in cui le Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente non sono ancora operanti, ai fini di cui al comma 1, le amministrazioni provinciali e comunali si avvalgono del supporto tecnico dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente, dei presidi multizonali di prevenzione (PMP), dell'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza sul lavoro (ISPESL) e degli ispettori territoriali del Ministero delle comunicazioni, nel rispetto delle specifiche competenze attribuite dalle disposizioni vigenti.

3. Il controllo all'interno degli impianti fissi o mobili destinati alle attività istituzionali delle forze armate e delle forze di polizia e del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco è disciplinato dalla specifica normativa di settore.

4. Il personale incaricato dei controlli, nell'esercizio delle funzioni di vigilanza e di controllo, può accedere agli impianti che costituiscono fonte di emissioni elettromagnetiche e richiedere, in conformità alle disposizioni della legge 7 agosto 1990, n. 241, e successive modificazioni, i dati, le informazioni e i documenti necessari per l'espletamento delle proprie funzioni. Tale personale è munito di documento di

riconoscimento dell'ente di appartenenza. Resta fermo, in particolare, quanto previsto per le forze armate e di polizia dagli articoli 1, comma 2, e 23, comma 4, del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni.

Articolo 15. (Sanzioni)

1. 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 di cui ai decreti del Presidente del Consiglio dei ministri previsti dall'articolo 4, comma 2 e ai decreti previsti dall'articolo 16, è punito con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma da lire 2 milioni a lire 600 milioni. La predetta sanzione si applica anche nei confronti di chi ha in corso di attuazione piani di risanamento, qualora non rispetti i limiti ed i tempi ivi previsti.

2. Salvo che il fatto costituisca reato, la violazione delle misure di tutela di cui all'articolo 5, comma 1, è punita con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma da lire 2 milioni a lire 200 milioni. In caso di recidiva la sanzione è raddoppiata.

3. Salvo che il fatto costituisca reato, le sanzioni di cui ai commi 1 e 2 sono irrogate dalle autorità competenti, sulla base degli accertamenti effettuati dalle autorità abilitate ai controlli ai sensi dell'articolo 14. Le autorità competenti all'irrogazione delle sanzioni di cui ai commi 1 e 2 sono individuate dai decreti di cui all'articolo 4, comma 2.

4. In caso di inosservanza delle prescrizioni previste, ai fini della tutela dell'ambiente e della salute, dall'autorizzazione, dalla concessione o dalla licenza per l'installazione e l'esercizio degli impianti disciplinati dalla presente legge, si applica la sanzione della sospensione degli atti autorizzatori suddetti, da due a quattro mesi. In caso di nuova infrazione l'atto autorizzatorio è revocato.

5. La sanzione di cui al comma 4 è applicata dall'autorità competente in base alle vigenti disposizioni a rilasciare l'atto autorizzatorio, sulla base degli accertamenti effettuati dalle autorità abilitate ai controlli.

6. L'inosservanza del decreto di cui all'articolo 12 comma 1, è punita con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma compresa fra lire 2 milioni e lire 600 milioni.

7. In riferimento alle sanzioni previste nel presente articolo non è ammesso il pagamento in misura ridotta di cui all'articolo 16 della legge 24 novembre 1981, n. 689, e successive modificazioni.

Articolo 16. (Regime transitorio)

1. Fino alla data di entrata in vigore del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri di cui all'articolo 4, comma 2, lettera a), si applicano, in quanto compatibili con la presente legge, le disposizioni del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 23 aprile 1992, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 104 del 6 maggio 1992, e successive modificazioni, le disposizioni del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 28 settembre 1995, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 232 del 4 ottobre 1995, nonché le disposizioni del decreto del Ministro dell'ambiente 10 settembre 1998, n. 381.

Articolo 17. (Copertura finanziaria)

1. All'onere derivante dall'attuazione della presente legge, pari a lire 20.000 milioni per ciascuno degli anni 2001, 2002 e 2003 si provvede:

a) quanto a lire 7.000 milioni a decorrere dall'anno 2001, mediante utilizzo delle proiezioni, per detti anni, dello stanziamento iscritto, ai fini del bilancio triennale 2001-2003, nell'ambito dell'unità previsionale di base di parte corrente "Fondo speciale" dello stato di previsione del Ministero del tesoro, del bilancio e della programmazione economica per l'anno 2001, allo scopo parzialmente utilizzando l'accantonamento relativo al Ministero dell'ambiente;

b) quanto a lire 13.000 milioni per ciascuno degli anni 2001, 2002 e 2003, mediante utilizzo delle proiezioni, per detti anni, dello stanziamento iscritto, ai fini del bilancio triennale 2001-2003, nell'ambito dell'unità previsionale di base di conto capitale "Fondo speciale" dello stato di previsione del Ministero del tesoro, del bilancio e della programmazione economica per l'anno 2001, allo scopo parzialmente utilizzando l'accantonamento relativo al Ministero dell'ambiente.

2. Il Ministro del tesoro, del bilancio e della programmazione economica è autorizzato ad apportare, con propri decreti, le occorrenti variazioni di bilancio.

Allegato C

Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1991

Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne

(G. U. 16 febbraio 1991 n. 40)

IL MINISTRO DEI LAVORI PUBBLICI di concerto con I MINISTRI DEI TRASPORTI, DELL'INTERNO E DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

Visto l'art. 2, secondo comma, della legge 28 giugno 1986, n. 339;

Visto il decreto interministeriale 21 marzo 1988, n. 449, che approva il regolamento di esecuzione della legge anzidetta, recante norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne;

Riconosciuta la necessità di apportare modifiche agli articoli 2.1.05 e 2.1.08 del citato regolamento in riferimento a possibili effetti sulla salute derivanti dai campi elettromagnetici prodotti dalle linee elettriche aeree;

Sentito il parere del Consiglio nazionale delle ricerche;

Sulla proposta del comitato elettrotecnico italiano;

Decreta

Gli articoli 2.1.05 e 2.1.08 del regolamento di cui alle premesse sono sostituiti dai seguenti:

2.1.05 - Altezza dei conduttori sul terreno e sulle acque non navigabili.

Tenuto conto sia del rischio di scarica che dei possibili effetti provocati dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici, i conduttori, nelle condizioni indicate nella ipotesi 3) di 2.2.04, non devono avere in alcun punto una distanza verticale dal terreno e dagli specchi lagunari o lacuali non navigabili minore di:

a) 5 m per le linee di classe zero e prima e per le linee in cavo aereo di qualsiasi classe;

$(5,5 + 0,006 U)$ m e comunque non inferiore a 6 m per le linee di classe seconda e terza con $U < 300$ kV;

la maggiore tra $(5,5 + 0,006 U)$ m e $0,0195 U$ m per le linee di classe terza con $300 \text{ kV} < U < 800$ kV;

$[15,6 + 0,010 (U - 800)]$ m per le linee di classe terza con $U > 800$ kV.

Nel caso di attraversamento di aree adibite ad attività ricreative, impianti sportivi, luoghi d'incontro, piazzali di deposito e simili, i conduttori delle linee di classe terza con tensione superiore a 300 kV, nelle medesime condizioni sopra indicate, non devono avere in alcun punto una distanza verticale dal terreno minore di:

b) $[9,5 + 0,023 (U - 300)]$ m per le linee con $300 \text{ kV} < U < 800$ kV; $[21 + 0,015 (U - 800)]$ m per le linee con $U > 800$ kV.

Le distanze di cui ai punti a) e b) si riferiscono a conduttori integri in tutte le campate e devono essere misurate prescindendo sia dall'eventuale manto di neve, sia dalla vegetazione e dalle ineguaglianze del terreno dovute alla lavorazione. Non è richiesta la verifica delle distanze di rispetto con conduttori rotti o disuniformemente caricati.

È ammesso derogare dalle prescrizioni del presente articolo quando si tratti di linee sovrappassanti i terreni recintati con accesso riservato al personale addetto all'esercizio elettrico.

2.1.08 - Distanze di rispetto dai fabbricati.

I conduttori delle linee di classe zero e prima devono essere inaccessibili dai fabbricati senza l'aiuto di mezzi speciali o senza deliberato proposito.

Tenuto conto sia del rischio di scarica che dei possibili effetti provocati dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici, i conduttori delle linee di classe seconda e terza, nelle

condizioni indicate nell'ipotesi 3) di 2.2.04, non devono avere alcun punto a distanza dai fabbricati minore di $(3 + 0.010 U)$ m, con catenaria verticale e di $(1,5 + 0,006 U)$ m, col minimo di 2 m, con catenaria supposta inclinata di 30° sulla verticale.

Inoltre i conduttori delle linee di classe seconda e terza con $U < 300$ kV, nelle condizioni di cui sopra e con catenaria verticale, non devono avere un'altezza su terrazzi e tetti piani minore di 4 m, mentre per i conduttori delle linee di terza classe con $U > 300$ kV la medesima altezza non può essere inferiore a quella prescritta da 2.1.05-b).

Nessuna distanza è richiesta per i cavi aerei.

Roma, 16 gennaio 1991

Il Ministro dei lavori pubblici PRANDINI

Il Ministro dei trasporti BERNINI

Il Ministro dell'interno SCOTTI

Il Ministro dell'industria del commercio e dell'artigianato BA TTAGLIA

Allegato D - Struttura del database WinEDT

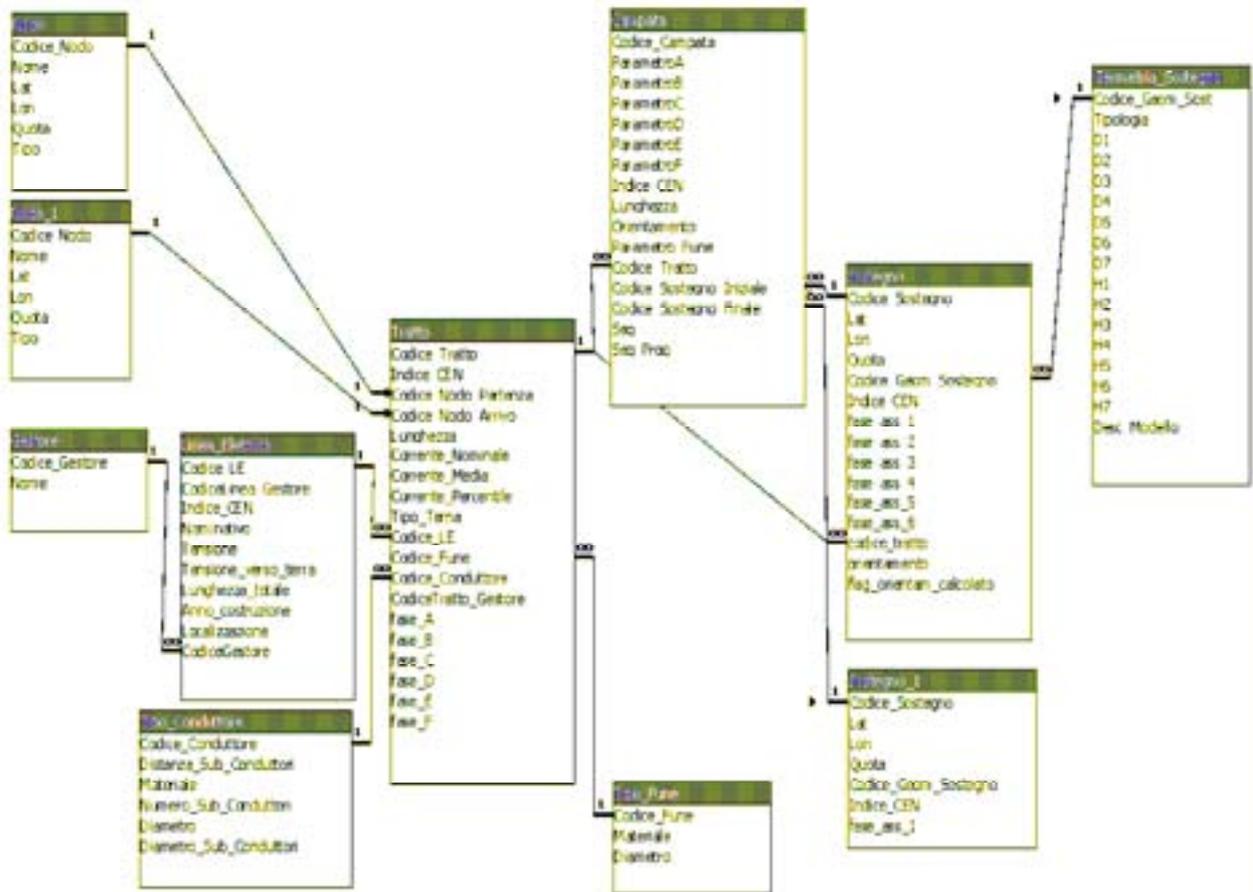


Fig.50 - Struttura del database WinEDT, WinEDT.

Allegato E

```
Nome della nazione # Nome della nazione
# #
D NOME 'Roma_EUR_2mt' D NOME 'EUR_MunicipioXII'
# #
# ----- # -----
# #
# Pathname del file dati # Pathname del file dati
# #
P FILE_DATI Roma_EUR_2mt.dat P FILE_DATI EUR_MunicipioXII.dat
# #
# Numero di record del file dati # Numero di record del file dati
# #
D NUM_REC_DATI 16 D NUM_REC_DATI 4
# #
# ----- # -----
# #
# Pathname del file indici # Pathname del file indici
# #
P FILE_INDICI Roma_EUR_2mt.ind P FILE_INDICIEUR_MunicipioXII.ind
# #
# #
P TIPO_RASTER DEM P TIPO_RASTER DEM
# #
P TIPO_DEM URBANO P TIPO_DEM URBANO
# #
# Numero di record del file indici # Numero di record del file indici
# #
D NUM_REC_INDICI 16 D NUM_REC_INDICI 4
# #
# ----- # -----
# #
# Origine della matrice # Origine della matrice
# #
# Longitudine rispetto a Greenwich # Longitudine rispetto a Greenwich
# #
D ORIG_X 4470932 D ORIG_X 4480148
# #
# Latitudine rispetto a Greenwich # Latitudine rispetto a Greenwich
# #
D ORIG_Y 15044927 D ORIG_Y 15044927
# #
# ----- # -----
# #
# Numero di righe della matrice # Numero di righe della matrice
# #
D NUM_RIG_MATRICE 4 D NUM_RIG_MATRICE 2
# #
# Numero di colonne della matrice # Numero di colonne della matrice
# #
D NUM_COL_MATRICE 4 D NUM_COL_MATRICE 2
```

```
# -----  
#  
# Numero di righe del quadrante  
#  
D NUM_PIX_RIGA 1024  
#  
# Numero di colonne del quadrante  
#  
D NUM_PIX_COLONNA 1024  
#  
# -----  
#  
# Dimensioni orizzontali del pixel  
#  
D DIM_PIX_ORIZZONTALE 9  
#  
# Dimensioni verticali del pixel  
#  
D DIM_PIX_VERTICALE 7  
#  
# Size in byte di un pixel  
#  
D PIXEL_SIZE 4  
#  
P FORMATO_VALORI FLOAT  
#  
D VALORE_NULLO -9999  
#  
# -----
```

```
#  
# Numero di righe del quadrante  
#  
D NUM_PIX_RIGA 1024  
#  
# Numero di colonne del quadrante  
#  
D NUM_PIX_COLONNA 1024  
#  
# -----  
#  
# Dimensioni orizzontali del pixel  
#  
D DIM_PIX_ORIZZONTALE 9  
#  
# Dimensioni verticali del pixel  
#  
D DIM_PIX_VERTICALE 7  
#  
# Size in byte di un pixel  
#  
D PIXEL_SIZE 4  
#  
P FORMATO_VALORI FLOAT  
#  
D VALORE_NULLO -9999  
#  
# -----
```

```
# -----
```

Allegato F

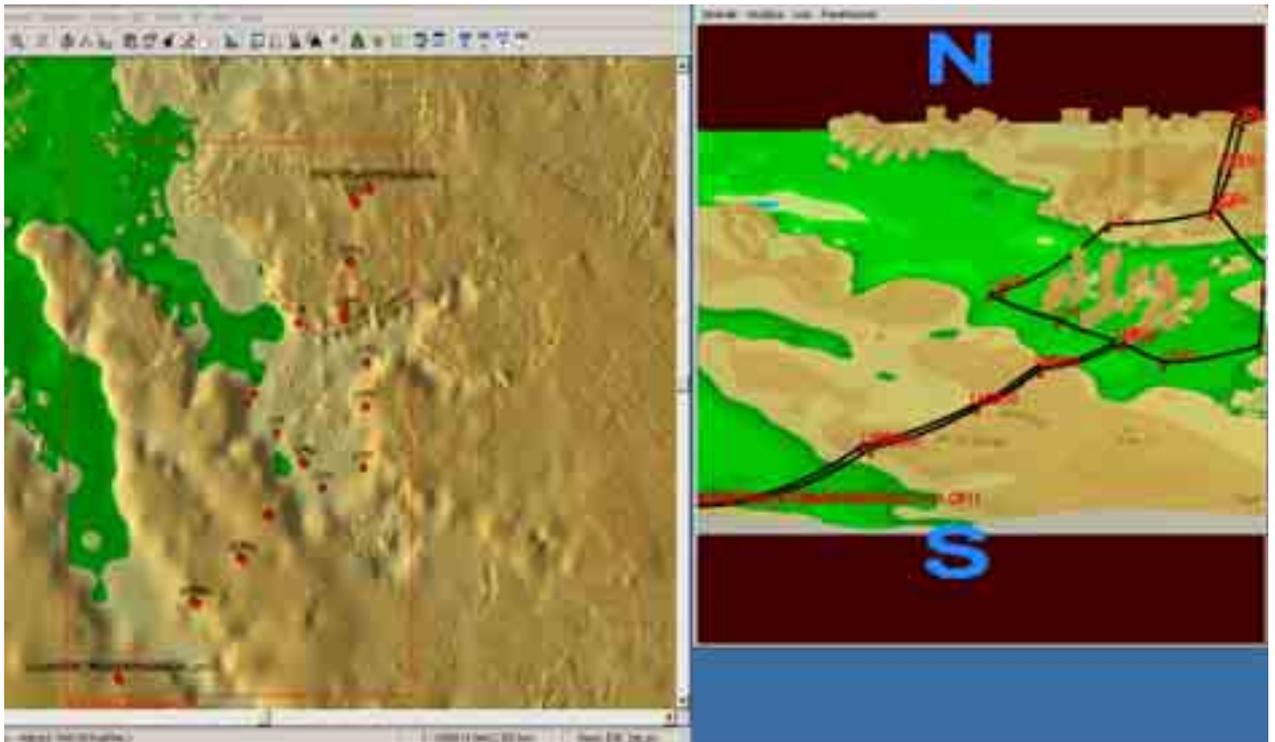


Fig.68 – Inquadramento delle linee elettriche in analisi a 3D, WinEDT.

Glossario

ALARA - acronimo per "As Low As Reasonably Achievable.

CEM - Campo Elettromagnetici.

CEN - Catasto Elettrico Nazionale.

CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardisation.

DOP - Dilution of Precision.

EBEA - European Bioelectromagnetics Association.

ELF - Extremely Low Frequency.

ESRI - Environmental Systems Research Institute.

GPS - Global Position System.

IARC - International Agency for Research on Cancer.

ICNIRP - International Commission on Non Ionizing Radiation Protection.

NAVSTAR - Nome dato agli satelliti GPS. É l'acronimo per NAVigation Satellite Timing and Ranging.

NIEHS - National Institute of Environmental Health Sciences.

ODBC - Open Database Connectivity.

PDOP - Position Dilution of Precision.

SAE - Soglia di Attenzione Epidemiologica.

TIN - Triangulated irregular network. Struttura di dati vettoriali usato per rappresentare modelli sulla superficie terrestre.

UNCED - United Nations Conference on Environment and Development.

U.T.M - Universale trasversa di Mercatore.

WHO - World Health Organisation.

Indici di Figure

Fig.1 – Inquadramento della Regione del Lazio.

Fig.2 – Inquadramento del Comune di Roma.

Fig.3 – Municipi del Comune di Roma, inquadramento delle linee elettriche in analisi all'interno del Municipio XII.

Fig.4 – Densità delle Zone Urbanistiche del Comune di Roma.

Fig.5 – Schema della propagazione delle onde elettromagnetiche, (<http://www.arpa.emr.it>)

Fig.6 – Spettro Elettromagnetico.

Fig.7 – Diagramma del progetto, <http://www.who.ch/emf/>.

Fig.8 – Valori di Limiti di esposizione ai Campi ELF, sito ufficiale del IFAC

CNR (Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" del Consiglio Nazionale delle Ricerche) www.IFAC.cnr.it.

Fig.9 – Architettura di un Sistema informativo Geografica.

Fig.10 – Densità delle Zone Urbanistiche del Comune di Roma.

Fig.11 – Principi Basici del Posizionamento con il GPS.

Fig.12 e 13 – Finestre dell'ArcPad nel caricamento del progetto e delle shapes che si vuole visualizzare. (obs. Le immagini corrispondono a una dimostrazione), ArcPad 6.0.3.

Fig.14,15 e 16 – Figura 14, attivazione del GPS, Figura 15 finestra DMS e segnalazione del punto nel terreno, per ultimo i sistemi di coordinate disponibile.

Fig.17,18 e 19 – La figura 17 mostra la finestra del posizionamento del GPS, e il numero di satelliti disponibili.

Fig.20 – Processo di creazione di una shapefile, ArcPad.

Fig.21 – Operazioni di Georeferenziazione, ArcMap 9.

Fig.22 – Operazioni di Selezione e Esportazione di dati, ArcMap 9.

Fig.23 e 24 – Esempio della Geometria di un sostegno a pino – 1, 2,3 conduttori delle fase 1 fase A, 2 fase B, 3 fase C. Il 4 é il fune di guardia.

Fig.25 – Processo di Buffering, ArcMap 9.

Fig.26 – Conversione di Poligoni in polilinee, ArcMap 9.

Fig.27 – Strumento di "SPLIT" del ArcMap 9, ArcMap 9.

Fig.28 – Creazione di una nuova shapefile, ArcCatalog.

Fig.29 – Proprietà della shapefile, ArcMap 9.

Fig.30 – Creazione di una nuova shapefile, ArcMap 9.

- Fig.31 – Strumento di Sketch dell'ArcMap 9, ArcMap 9.
- Fig.32 – tabella d'attributi della shape edificio, ArcMap 9.
- Fig.33 – Comando di creazione di un TIN a partire di una feature, ArcMap 9.
- Fig.34 – Processo di creazione di un TIN a partire di una feature, ArcMap 9.
- Fig.35 – Processo di creazione di un TIN a partire di una feature, ArcMap 9.
- Fig.36 – TIN, secondo gli archi della triangolazione, ArcMap 9.
- Fig.37 –TIN, Visualizzazione dei nodi e degli archi, ArcMap 9.
- Fig.38 –TIN, Visualizzazione secondo le classe di altitudine, ArcMap 9.
- Fig.39 –Visualizzazione del TIN secondo l'opzione di *aspect*, ArcMap
- Fig.40 –TIN, Inquadramento delle linee elettriche nell'area in analisi, ArcMap 9.
- Fig.41 – Buffer zone, 4, 8 12 metri, ArcMap 9.
- Fig.42 –Buffer zone, 4, 8 12 metri, ArcMap 9.
- Fig.43 – Creazione di uno Hyperlink, ArcMap 9.
- Fig.44 – Hyperlink, ArcMap 9.
- Fig.45 – Inquadramento dell'area in analisi, ArcScene.
- Fig.46 – Visualizzazione degli oggetti geografici in ambiente ArcScene.
- Fig.47 – Comando d'analisi Select by Location dove la linea elettrica si trova ad una distanza dell'edificio di 1,9 metri, ArcScene.
- Fig.48 – Comando d'analisi Select by Location dove la linea elettrica si trova ad una distanza dagli edifici di 4,5 metri, ArcScene.
- Fig.49 – Comando d'analisi Select by Location dove la linea elettrica si trova ad una distanza dagli edifici di 12 metri, ArcScene.
- Fig.50 – Struttura del database WinEDT, WinEDT.
- Fig.51 – Finestra di Progetto, WinEDT.
- Fig.52 – Impostazione della Visibilità della finestra di progetto, WinEDT.
- Fig.53 – Estrazione del modello, WinEDT.
- Fig.54 – File iniziale, WinEDT.
- Fig.55 – File strato, WinEDT.
- Fig.56 – Impostazione del Sistema di Riferimento, WinEDT.
- Fig.57 – Importazione degli shapefile, WinEDT
- Fig.58 – Inserimento dei dati nell'Archivio Gestore Linee Elettriche ELF, WinEdt.
- Fig.59 – Archivio Trattii,WinEDT.
- Fig.60 – Archivio Campate, WinEDT.
- Fig.61– Parametri di tensione dei conduttori di una singola Terna, WinEDT.

Fig.62 – cartella presente della tabella “Archivio Campate, nella sottofinestra Primo Sostegno e Secondo Sostegno, WinEDT

Fig.63 – Archivio Sostegni, WinEDT.

Fig.64 – Sostegno LV4 a Pino.

Fig.65 – Geometria del Traliccio a Pino, WinEDT.

Fig.66 – Parametri di visualizzazione, WinEDT.

Fig.67 – ELF ANALISI, WinEDT.

Fig.68 – inquadramento delle linee elettriche in analisi a 3D, WinEDT.

Fig.69 – ELF Finestra di Comando d'Analisi del Campo Magnético, WinEDT.

Fig.70 – ELF Analisi del Campo Magnetico, selezione dell'area in analisi, pulsante “zona”, WinEDT.

Fig.71 – Modalità di somma dei contributi di tratti diversi, WinEDT.

Fig.72 – Inquadramento geografico dei possibili edifici a rischio dell'Impatto del campo Magnetico, WinEDT.

Fig.73 – Visualizzazione dei possibili punti critici, che rientrano nella soglia di 0.40 a 2 microtesla, WinEDT.

Fig.74 – Punto notevole “1”, WinEDT.

Fig.75 – Punto notevole “2”, WinEDT.

Fig.76 – Punti notevoli “3” e “4”, WinEDT.

Fig.77 – Punto notevole “5”, WinEDT.

Fig.78 – Punto critico “6”, WinEDT.

Fig.79 – Punti notevoli “7” e “8”, WinEDT.

Fig.81 – Inquadramento delle aree a rischio d'impatto del Campo Magnetico, WinEDT.

Fig.82, 83 e 84 – Fotografie in loco del sostegno LV2.

Fig.85 – Calcolo del Campo Magnetico in un punto a una corrente media di 200 Ampere, WinEDT.

Fig.86 – Calcolo del Campo Magnetico in un punto ad una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

Fig.87 – Calcolo del Campo Magnetico tipo sezione verticale assoluta a una corrente media di 200 Ampere, WinEDT.

Fig.88 – Rappresentazione a 3D, WinEDT.

Fig.89 – Rappresentazione a 3D, WinEDT.

Fig.90 – Calcolo del volume prismatico del CM ad una soglia 0.50 microtesla, ad una

corrente media di 200 A WinEDT.

Fig.91 – Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 1 microtesla, ad una corrente media di 200 (A), WinEDT.

Fig.92 – Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 2.50 microtesla, ad una corrente media di 200 (A).WinEDT.

Fig.93 – Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 3 microtesla, ad una corrente media di 400 (A).WinEDT.

Fig.94 – Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 10 microtesla, ad una corrente media di 400 (A).WinEDT.

Fig.95 – Calcolo Del volume prismatico Del CM ad una soglia 100 microtesla, ad una corrente media di 400 (A).WinEDT.

Fig.96 – Inquadramento delle sostegno LCR4.

Fig.97 – Inquadramento del sostegno LCR4.

Fig.98 – Calcolo del Campo Magnetico del punto 2 con una corrente media di 200 A, sopra il palazzo in analisi, WinEDT.

Fig.99 – Calcolo del Campo Magnetico del punto 2 con una corrente media di 400 A, sopra il palazzo in analisi, WinEDT.

Fig.100 – Calcolo di una sezione verticale assoluta ad una corrente media di 400 E 200 Ampere, WinEDT.

Fig.101 – Calcolo del volume prismatico ad una soglia di 0.50 uT con una corrente media di 200 A, WinEDT.

Fig.102 – calcolo del volume prismatico ad una soglia di 6 uT, a una corrente media di 200 Ampere, WinEDT.

Fig.103 – calcolo del volume prismatico ad una soglia di 0,50 uT, a una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

Fig.104 – calcolo del volume prismatico ad una soglia di 3 uT, a una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

Fig.105 – calcolo del volume prismatico ad una soglia di 10 uT, a una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

Fig.106 – calcolo del volume prismatico ad una soglia di 100 uT, a una corrente media di 400 Ampere, WinEDT.

Fig.107 – Calcolo del volume prismatico superficiale del edificio ad una corrente media di 200 A e a 400 A, WinEDT.

Fig.108 – Inquadramento del Punto critico “3”.

Fig.109 –Calcolo del Campo Magnetico in un punto specifico ad una corrente media di 200 e 400 Ampere, WinEDT.

Fig.110 – Calcolo della sezione verticale assoluta dell’edificio in analisi ad una corrente media di 200 A e 400 A, WinEDT.

Fig.111 – Calcolo del Volume prismatico della area de analisi ad una corrente media di 200 Ampere a diverse soglie, primo a 0.50, 1.00 e 2.00 microtesla, WinEDT.

Fig.112 – Calcolo del Volume prismatico del punto critico tre, ad una corrente media di 400 A, ad una soglia di 0.50, 2.50 e 3.50, WinEDT.

Fig.113 – Calcolo del Volume prismatico superficiale ad una corrente media di 200 e 400 Ampere, WinEDT.

Fig.114 – Calcolo del Volume prismatico del punto critico tre, ad una corrente media di 400, ad una soglia di 3 uT, WinEDT.

Fig.115 – Inquadramento del traliccio LCR5.

Fig.116 –Calcolo del Campo Magnetico del punto ELF a 200 A di corrente media e a 400 A, WinEDT.

Fig.117 – Calcolo della verticale assoluta che passa dentro la suola ad una corrente media di 200 Ampere, scala automatica, WinEDT.

Fig.118 – Calcolo della verticale assoluta che passa dentro la suola ad una corrente media di 400 Ampere, scala automatica, WinEDT.

Fig.119 – Calcolo del volume prismatico dell’area in analisi ad una corrente media di 200 ampere ad una soglia di 0,50 Ut, WinEDT.

Fig.120 –Calcolo prismatico dell’area in analisi ad una corrente media di 200 ampere ad una soglia di 0,90 Ut, WinEDT.

Fig.121 – Calcolo del volume prismatico della area in analisi ad una corrente media di 400 ampere ad una soglia di 0,50 uT, WinEDT.

Fig.122 –Calcolo prismatico della area in analisi ad una corrente media di 400 ampere ad una soglia di 1,50 uT, WinEDT.

Fig.123 – Calcolo prismatico della area in analisi ad una corrente media di 400 ampere ad una soglia di 3, 10 e 100 Ut, WinEDT.

Fig.124 – Calcolo prismatico dell’area in analisi ad una corrente media di 200 ampere (rappresentazione superficiale in 3D), WinEDT.

Fig.125 – Calcolo prismatico dell’area in analisi ad una corrente media di 400 ampere

(rappresentazione superficiale in 3D), WinEDT.

Fig.126 – Calcolo del Volume prismatico ad una corrente di 400 e 200 Ampere corrispettivamente, nella soglia di 0,2 Ut, WinEDT.

Fig.127 – Calcolo di un Punto ELF ad una corrente media di 200 (A), WinEDT.

Fig.128 – Calcolo di un Punto ELF ad una corrente media di 400 (A), WinEDT.

Fig.129 – Calcolo della verticale assoluta nell'edificio in analisi ad una corrente media di 400 (A) WinEDT.

Fig.130e 131 – Calcolo del Volume Prismatico alla soglia di 0,50 e 1.00 uT, corrente media di 200 (A), WinEDT.

Fig.132, 133 e 134, Calcolo del Volume Prismatico alla soglia di 0,50 e 1.00 e 2.50 ut, corrente media di 400 (A), WinEDT.

Fig.135 – Calcolo Prismatico superficiale in 3D a 200 A, WinEDT.

Fig.136 – Calcolo Prismatico superficiale in 3D a 400 A, WinEDT.

Fig.137 – Grafico dei Valori del Campo Magnetico calcolato nei punti ELF ad una corrente media di 200 e 400 Ampere.

Indici di Tabelle

Tabella I – Unità di misura delle diverse grandezze.

Tabella II – Frequenza e lunghezza d'onda delle radiazioni Ionizzante e Non Ionizzanti,
<http://niremf.ifac.cnr.it>.

Tabella III - degli effetti acuti termici e non termici e le rispettive soglie,
www.IFAC.cnr.it

Tabella IV - Classificazione standardizzata della IARC, <http://www.iroe.fi.cnr.it>.

Tabella V – Termini utilizzati nelle leggi per quanto riguarda i valori CEM.

Tabella VI – Interpretazione dei valori di diluizione della precisione del GPS.

Tabella VI – Attributi dei sostegni prelevati.

Tabella VII - dei dati acquisiti per ogni Campata, Terna e Linea.

Tabella VIII - Caratteristiche di proprietà, Lunghezza e tensione delle Linee elettriche in analisi.

Tabella IX - Attributi delle due linee d'Alta Tensione in studio.

Tabella X - Caratteristiche del tratto delle Linee.

Tabella XI - edifici impattati mediante la soglia in analisi.

Tabella XII - Inquadramento delle cinque aree a rischio.

Tabella XII – Numero totale d'edifici impattati secondo gli obiettivi di 100, 10 e 3 μ T dal DPCM di 8 luglio 2003.

Bibliografia

Angelucci, M., (2004), “Annuario dei Dati Ambientali”, capitolo 15, *Radiazioni Non Ionizzanti*.

A., Zari, G., Licita, G., Guisti, A.M., Silvi, (2002), “La simulazione dell’impatto ambientale dei campi elettromagnetici. Studio sulla città di Livorno” U.O. Fisica Ambientale ARPAT *in* MondoGIS Settembre/Ottobre, o *in* www.gruppocitec.com/gis.

Bellorini N., Guariso G., Lombardi M., (1998), “Gis e Modelli per la Localizzazione di una Discarica presso Stoccolma”

Burrough, P. A. (1986) , “Principles of Geographical Information Systems for land Resources Assessment”, Oxford, U. K., Clarendon Press.

Fava Roberto, (2004), “Comune di Langhirano Valutazione della distribuzione di induzione magnetica generata dagli elettrodotti ad alta tensione”, pp. 83.

Wartenberg, D.; Greenberg, M. & LATHROP, R., (1993), “Identification and characterization of populations living near high-voltage transmission lines: a pilot study”, *Environmental Health Perspectives*, 101:626-632.

WHO (1997), “WHO's Agenda for EMF Research. World Health Organization publication WHO/ENG/98.13. OMS”, Ginevra. Disponibile anche presso il sito Internet del Progetto Internazionale CEM: <http://www.who.ch/emf/>.

Ioannilli, M., Schiavoni, U. M. A. S., (2002), “Fondamenti di Sistemi Informativi Geografici”, TexMat, Roma.

Longley, P., A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J, Rhind, D. W., (2001), “Geographic Information Systems and Science”, John Wiley & Sons LTD editions, London, UK.

NIEHS (1998), “Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. Portier CJ and Wolfe MS (eds) NIEHS Working Group Report”, National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institute

of Health, Research Triangle Park, NC, USA, pp 523. Disponibile dal NIEHS oppure presso il sito Internet <http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/home.htm>

Pinto, Paula (1995), “Análise da eficácia do processo de avaliação de impacte ambiental na Região Norte”, Universidade do Porto, porto.

Villalta, Renato, “Il Catasto Regionale degli Impianti Radioelettrici in Friuli Venezia Giulia” : georeferenziazione degli Impianti, Analisi Cartografica, Valutazione Teorica ed Analitica del Campi Elettromagnetici, ARPA di FVG, disponibile anche in www.arpalombardia.it/new/live/7conferebza/atti/25agentifisici/25_2agentifisici_05_VI LLALTAreI.pdf.

Siti Internet

Normativa

<http://www.arpa.emr.it/elettrosmog/sogni.html>, 23.11.2004
http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/it/oj/2004/c_299/c_29920041204it00090014.pdf, 23.11.2004
<http://www.tuttoambiente.it/comm/elsmog.html>, 23.11.2004
<http://niehs.nih.gov/emfrapid/home.htm>, 25.11.2004
http://www.apat.gov.it/site/Files/Leggi/Legge_22_febbraio_2001_n36.pdf, 25.11.2004
<http://www.ambiente.it>, 27.11.2004
<http://www.apat.gov.it/site/it>, 27.11.2004

Elettromagnetismo

<http://www.who.ch/emf>, 23.11.2004
<http://www.ebea.org/menu.html>, 23.11.2004
<http://www.eqb.state.mn.us/Docket.html?Id=3892>, 24.11.2004
<http://www.arpa.emr.it/elettrosmog/bassefrequenze.html>, 24.11.2004
<http://electromagnetismo.com.sapo.pt/pioneiros.htm>, 24.11.2004
<http://www.bfs.de/elektro/nff>, 27.11.2004
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs205/en/>, 27.11.2004
<http://www.vialattea.net/ambiente/emf/index.html>, 15.12.2004
<http://www.iroe.fi.cnr.it/pcemni/domarisp/b50indx.htm>, 15.12.2004
<http://www.iroe.fi.cnr.it/pcemni/scandicc.htm>, 25.12.2004
<http://monographs.iarc.fr>, 5.01.2005
<http://www.who.int/emf>, 05.01.2005
<http://www.vialattea.net/ambiente/emf/index.html>, 05.01.2005
<http://www.iroe.fi.cnr.it/pcemni/domarisp/b50indx.htm>, 05.01.2005
<http://www.iroe.fi.cnr.it/pcemni/scandicc.htm>, 06.01.2005
<http://www.iroe.fi.cnr.it/pcemni/area.htm>, 06.01.2005
http://www.who.int/entity/peh-emf/publications/reports/en/progressreport2002_2003.pdf, 06.01.2005
<http://niremf.ifac.cnr.it/emfref/docs/icnirp.pdf>, 02.01.2005
www.arpalombardia.it/new/live/7conferebza/atti/25agentifisici/25_2agentifisici_05_VI_LLALTAreI.pdf, 02.01.2005

GIS

http://www.esteio.com.br/servicos/se_gps.htm, 20.10.2004

<http://www.lactec.org.br>, 20.10.2004

<http://www.gpsy.com/gpsinfo/>, 20.10.2004

<http://www.ddj.com>, 20.10.2004

Ringraziamenti

La realizzazione di questo lavoro è stata possibile grazie alla collaborazione e alla disponibilità di tutto l'organico del *Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi*.

Si ringrazia particolarmente il Dott. Fabbio Baiocco, per la fondamentale aiuta in tutti processi della tesi, al Dott. Michele Munafò per aver seguito il progetto con attenzione in ogni sua fase. Un sentito ringraziamento va al Dott. Adriano Gabrielle, Dott. Luigi e Dott. Antonio nella fase di elaborazione finale e al Dott. Giuliano Cecchi per l'aiuto in tutta la fase di stage realizzata, nell'acquisire di un conoscenza generale di GIS.

Un sentito ringraziamento va naturalmente a tutto il personale della sala *Sinanet*, con il quale lavorare in questi due mesi è stato molto gratificante e un'indimenticabile esperienza.

Si ringrazia il Prof. Ing. Valerio Franchina per avermi seguito come tutor interno del Master la realizzazione della Tesi e per la sua immensa disponibilità prestata.

Ringrazio in modo particolare il Dott. Ferdinando Carlucci, per il grande appoggio morale che mi ha dato in tutta la fase dello stage, e per il fondamentale aiuto nell'approfondimento della lingua Italiana, senza di lui sicuramente tutto sarebbe stato molto più difficile.

Per ultimo, il mio ringraziamento più profondo va a tutta la mia famiglia, in particolare a mia madre Violeta, mio padre Carlos Alberto e mia sorella Cristina per avermi dato la possibilità di realizzare questa bellissima esperienza e che da sempre mi hanno dato tutto l'appoggio psicologico in modo da riuscire a realizzare quest'obiettivo. Grazie di cuore.