

La modellazione 3D nel controllo dell'inquinamento ambientale da agenti fisici

L. Leone (*), D. Laudani Fichera (*), G. Pulvirenti (*), M. Leone (**), P. Spicuzza (***)

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Catania,

Viale Andrea Doria 6, 95100 Catania, Tel. 095/7382218, Fax 095/7382247,
email: lleone@dica.unict.it, email: dlaudani@dica.unict.it; email: ing_gpulv@tin.it

(**) Ingegnere libero professionista, Piazza Ludovico Ariosto 29, 95100 Catania,
Tel. 348/5561399, Fax 095/501827, email: ing.leone@gmail.com

(***) Architetto Libero Professionista, Via Vittorio Veneto 27, 95018 Riposto (CT),
Tel. 392/2468861, Fax 095/501827, email: arch.spicuzza@gmail.com

Sommario

I controlli e i monitoraggi mirati alla verifica della qualità dell'ambiente, nonché alla tutela ed al recupero dello stesso, hanno assunto negli ultimi anni sempre maggior rilievo.

E' infatti avvertita in maniera sempre più pressante la necessità di conoscere e gestire le fonti inquinanti, in modo da raggiungere un buon compromesso tra la diffusione delle varie sorgenti e la tutela dell'ambiente. In particolare i controlli dei livelli di inquinamento, nella prevenzione e protezione da agenti fisici di interesse ambientale, rappresentano le principali attività, o meglio "emergenze" per gli Enti preposti alla tutela ambientale.

L'analisi degli effetti derivanti dagli agenti fisici inquinanti, costituiti prevalentemente dal rumore e dalle radiazioni non ionizzanti, quali le radiazioni elettromagnetiche, sia nel campo delle radiofrequenze, che in quello delle basse frequenze (ELF), viene, di norma, effettuata tramite software previsionali. Questi, ai fini della simulazione, utilizzano come base dati, oltre alla georeferenziazione delle sorgenti inquinanti, la modellazione del terreno e di tutti gli elementi di superficie utili alle specifiche elaborazioni, utilizzando l'analisi puntuale diretta come verifica o validazione della previsioni ottenute. Emerge, quindi, in modo evidente, come i diversi modelli di rappresentazione del territorio possono influire in maniera rilevante sui risultati ottenuti nelle simulazioni, e di conseguenza l'utilizzazione di un adeguato modello si rivela basilare al fine di affrontare e risolvere efficacemente le diverse tematiche di interesse (dalla valutazione dello stato di fatto, alla simulazione di impatto ambientale, al monitoraggio, fino alla progettazione delle eventuali opere di risanamento). Nell'ambito del presente lavoro vengono pertanto testati su aree significative i modelli di rappresentazione tridimensionale del territorio oggi disponibili, basati anche su tecnologie differenti, utilizzando alcuni dei principali software per le simulazioni di inquinamento ambientale da agenti fisici. Contestualmente viene verificata anche la possibilità di gestione nell'ambito dei software utilizzati delle modellazioni territoriali nei formati disponibili, o nei possibili adattamenti. Dall'analisi dei risultati di simulazione ottenuti sono state dedotte le necessarie condizioni di modellazione per garantire risultati sufficientemente attendibili.

Abstract

Controls and monitoring in order to verify the quality of the environment and the protection and rehabilitation of this, have taken in recent years increasingly important. In fact the necessity is perceived pressingly to know and manage the sources of pollution, to reach a good compromise between the diffusion of several sources and environmental protection. Particularly the monitoring of the levels of pollution, in the prevention and protection from physical agents of environmental interest, are the principal activities, or "emergencies" for the authorities responsible for environmental protection. The analysis of the effects arising from physical agents pollutants, mainly

to noise and electromagnetic radiation in the radiofrequency range, and in the low frequency (ELF), is normally carried out with forecast software. For the simulation, they use as inputs the georeferencing of polluting sources, terrain modeling, and all the surface elements useful for specific processing, using analysis as punctual direct verification or validation of the forecasts obtained. So it is evident that the different models of representation of the territory may affect significantly on the results obtained in the simulations, and consequently the use of a suitable model is fundamental to address and solve effectively the various issues of interest (evaluation of the status quo, the simulation of environmental impacts, monitoring, and planning of any works of rehabilitation). In this work we tested the available models of three-dimensional representation of the significant areas of land, made with different technologies, using some of the leading software for simulation of environmental pollution by physical agents. Contextually is verified the possibility to manage the available spatial modeling with the software used. From the analysis of the results of simulation the necessary conditions of modeling are been deduced for sufficiently guaranteeing reliable results.

L'inquinamento ambientale dagli agenti fisici "rumore" e "radiazioni non ionizzanti"

Con il termine di inquinamento ambientale si intende generalmente l'immissione nell'atmosfera di sostanze o fattori legati ad agenti fisici, chimici e biologici, tali da provocare pericoli effettivi o potenziali per la salute degli esseri viventi. Benchè possono esistere cause naturali in grado di determinare alterazioni ambientali sfavorevoli alla vita, il termine di "inquinamento" è strettamente correlato ad attività di natura antropica, principalmente connesse al continuo sviluppo tecnologico. Da qui l'esigenza di monitorare sistematicamente l'ambiente, secondo standard codificati, per la verifica del rispetto dei parametri qualitativi di tutela della salute dell'intera collettività.

Nell'ambito del presente lavoro sono state affrontate le problematiche legate all'inquinamento da agenti fisici, in particolare dal rumore e dalle radiazioni non ionizzanti.

La principale normativa di riferimento per l'inquinamento acustico è la Legge n°447 del 26/10/1995. I successivi decreti, di particolare importanza dal punto di vista delle verifiche attuative, sono il DPCM 14 /11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", il DM 16/03/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico", ed il D.Lgs n° 194 del 19/08/2005 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale ". Sulla base della Direttiva 2002/49/CE, la European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) ha emanato nel Gennaio 2006 la "*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*", Version 2 (GPCv.2). Sulla base di detta GPCv.2, in Italia la Regione Lombardia ha disposto delle proprie linee guida, che ad oggi rappresentano un riferimento per eseguire gli studi previsionali di impatto acustico.

Per quanto riguarda l'inquinamento elettromagnetico, questo è dovuto alla generazione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici artificiali, cioè non attribuibili né al naturale comportamento fisico della massa terrestre, né ad eventi naturali (come il campo elettrico generato da un fulmine). Tali campi sono prodotti, generalmente, dagli impianti radio-tv e di telefonia mobile, dagli elettrodotti, dagli apparati per applicazioni biomedicali, dagli impianti per lavorazioni industriali, ecc., nonché da tutti quei dispositivi il cui funzionamento è subordinato ad un'alimentazione di rete elettrica. A livello fisico, ogni qual volta si verifica una variazione di campo elettrico o di campo magnetico si genera nello spazio un campo elettromagnetico che si propaga a partire dalla sorgente. Lo spettro elettromagnetico di un campo è l'insieme di tutte le radiazioni generate, ognuna caratterizzata da una specifica frequenza. In particolare le radiazioni si classificano in "radiazioni ionizzanti" dette IR (Ionizing Radiation) con frequenze maggiori di 300 GHz (raggi ultravioletti, raggi X e raggi gamma) e in "radiazioni non ionizzanti" dette NIR (Non Ionizing Radiation) generate da un campo elettromagnetico con frequenza compresa tra 0 e 300 GHz. Le IR, per la loro elevata energia, sono in grado di rompere i legami molecolari delle cellule e possono indurre mutazioni genetiche, mentre le NIR, di minor energia, producono principalmente effetti termici.

All'interno delle radiazioni non ionizzanti, si distinguono per importanza applicativa, le Extra Low Frequency (ELF), pari a 50-60 Hz (elettrodotti), le Radio Frequency (RF) comprese tra 300 KHz e 300 MHz (impianti di ricetrasmisione radio/TV, ecc.), le Microonde (MO) con frequenze comprese tra 300 MHz e 300 GHz (impianti di telefonia cellulare, ponti radio ecc) e le (UV) Laser ed ultravioletti. Per l'inquinamento elettromagnetico la prima legge organica di settore è la Legge n°36 del 22/02/2001 "Legge Quadro sulla protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". I successivi provvedimenti attuativi, relativi alla protezione della popolazione, fanno riferimento solo ad alcuni intervalli di frequenza e ad alcune sorgenti e riguardano, in particolare, i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra i 100 kHz e 300 GHz., e i campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti (DPCM 8/07/ 2003).

La modellazione territoriale nel controllo e monitoraggio dell'inquinamento ambientale

I controlli dei livelli di inquinamento, nella prevenzione e protezione da agenti fisici, rappresentano le principali attività, o meglio "emergenze" per gli Enti preposti alla tutela ambientale.

In particolare l'inquinamento acustico e l'inquinamento da campi elettromagnetici (sia nel caso delle alte frequenze - RF/MO, che in quello delle basse frequenze - ELF), rappresentano, infatti, le criticità ambientali maggiormente avvertite, e costituiscono certamente le più rilevanti cause di disturbo della qualità della vita, soprattutto nelle aree maggiormente industrializzate.

L'analisi degli effetti prodotti nell'ambiente dall'azione dei sopracitati agenti fisici viene, di norma, effettuata tramite campagne di misure eseguite con specifiche attrezzature (centraline fisse e mobili, fonometri, misuratori di campo) o attraverso software previsionali che interessano invece superfici estese, con possibile studio dell'interazione tra diverse sorgenti in essa presenti.

In quest'ultimo caso, i programmi impiegati permettono di giungere alla redazione di mappe previsionali che rappresentano una "fotografia della diffusione del rumore o dei campi elettromagnetici" a partire dalle sorgenti presenti nell'area oggetto di indagine, così da evidenziare le zone dove si riscontra il superamento dei limiti di inquinamento fissati dalla normativa vigente.



Figura 1. Mappa acustica dell'agglomerato urbano di Catania visualizzata in Google Earth.

Ai fini della simulazione, tali programmi utilizzano come input la caratterizzazione delle sorgenti inquinanti (tipologia, dimensione, posizione, etc.), e da recente anche la modellazione del terreno, e la rappresentazione di tutti gli elementi cartografici, per i quali deve essere definito il comportamento/risposta alla propagazione del suono o dei campi elettromagnetici.

Nel caso dell'acustica i dati di interesse vengono importati e caratterizzati all'interno del software di simulazione, utilizzando anche le misure rilevate in campo. Successivamente ciascuno degli elementi territoriali, con proprie caratteristiche acustiche, presente all'interno dell'area, viene diviso in superfici infinitesime ed idealmente collegato, considerando le molteplici riflessioni e rifrazioni sulle varie superfici, ad ogni punto ricevitore ("ray tracing inverso"). Precise indicazioni circa le metodologie di indagine da seguire nella redazione delle mappe acustiche/strategiche sono presenti sia nella Direttiva Comunitaria n° 2002/49/CE, recepita in Italia con il D.lgs. n°194 del 19/08/2005, che nella successiva guida attuativa GPG v2, già richiamata, nella quale vengono date precise indicazioni circa i contenuti dei vari strati informativi, del formato finale dei dati da consegnare, della caratterizzazione delle sorgenti etc.

Per quanto riguarda l'inquinamento elettromagnetico, nei software di simulazione è possibile creare sistemi radianti/trasmittenti con specifici parametri fondamentali (Potenza totale del sistema trasmittente, Tilt, Tipologia di antenne, etc.). Procedendo all'elaborazione per la valutazione dell'impatto elettromagnetico, i programmi calcolano, a partire dalla sorgente, i livelli di campo, i flussi di esposizione, l'energia trasferita e quella assorbita presente nell'area interessata nell'intorno della sorgente, permettendo di rappresentare direttamente sopra il modello orografico oppure lungo piani orizzontali o verticali, la distribuzione dell'energia nello spazio circostante. I moduli di calcolo utilizzano algoritmi basati sul Ray-Tracing adattato per la valutazione dei fenomeni di riflessione, attenuazione e diffrazione dell'energia irradiata.

La presenza di un DTM/DSM dell'area in esame, permetterà quindi di tener conto degli effetti schermanti delle costruzioni o degli elementi territoriali che possono fungere da ostacolo, determinando le relative attenuazioni derivanti dalla permeabilità dei materiali e/o i contestuali effetti di riflessioni/rifrazione. In mancanza di tale modellazione territoriale, si ottengono risultati che possono intendersi cautelativi, determinando in molti casi una possibile sovrastima degli effetti causati dal campo elettromagnetico, ma che certamente non permettono di giungere ad una reale corrispondenza con i livelli misurati in campo. Da quanto esposto si desume che la disponibilità di un DTM/DSM nell'accertamento dell'inquinamento ambientale attraverso i software di simulazione, assume notevole rilevanza, costituendo di fatto un necessario riferimento, in quanto i modelli digitali del terreno utilizzati possono influire in maniera rilevante sui risultati finali ottenuti. Di conseguenza l'utilizzazione di un adeguato modello del terreno si rivela basilare al fine di affrontare efficacemente l'analisi previsionale finalizzata al controllo e monitoraggio dell'ambiente.

Nel presente studio sono stati quindi analizzati i DTM/DSM più diffusi e disponibili, al fine di valutarne la corretta applicazione nei casi di interesse, in base agli attuali standard di precisione richiesti. A tal riguardo, per la produzione dei modelli altimetrici, risultano riferimento certo le "Linee guida Ortoimmagini 1:10.000 e modelli altimetrici" prodotte dal CISIS ed adottate dal Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni. In dette Linee guida il termine DTM indica un modello altimetrico riferito al solo terreno ed è formato da un insieme di punti quotati, disposti a livello planimetrico in modo regolare (secondo un grigliato a passo costante) o irregolare, da breaklines (linee che uniscono i punti del terreno caratterizzati da brusche variazioni di pendenza) e da punti quotati isolati. Diversamente il termine DSM indica un modello altimetrico in cui viene descritta la superficie più alta di edifici, alberi, ed altri oggetti costruiti dall'uomo ed elevati rispetto al terreno, con analoga rappresentazione del DTM. I termini DDEM (Dense DEM) e DDSM (Dense DSM) indicano dei modelli densi che permettono di descrivere la superficie del territorio in modo corretto e completo rispetto a prefissati standard di accuratezza, senza informazioni aggiuntive, ma solo con il seminato di punti.

I punti quotati possono essere disposti in modo irregolare, sotto forma di nuvola di punti o di TIN (Triangulated Irregular Network), cioè collegati mediante una serie continua di triangoli, oppure in modo regolare, cioè disposti ai vertici di una griglia, con spaziatura uniforme (passo di griglia). In generale la quota di un punto viene ottenuta per interpolazione tra punti adiacenti. Un parametro fondamentale per i modelli altimetrici a disposizione regolare è il passo della griglia, in quanto livelli diversi di precisione richiedono differenti distanze tra i nodi della griglia stessa.

I modelli altimetrici sono oggi classificati in otto diversi livelli di accuratezza (tabella 1), al variare delle principali caratteristiche quali la tipologia, il passo, la tolleranza in quota al variare del tipo di copertura ($T_{H(a)}$ in campo aperto, $T_{H(b)}$ con copertura arborea o $T_{H(c)}$ con edifici), la tolleranza planimetrica.

Livello	Tipo	Passo (m)	$T_{H(a)}$ (m)	$T_{H(b)}$ (DEM) (m)	$T_{H(c)}$ (DSM) (m)	T_{EX} (m)
0	DEM, DSM	40-100	30	30	30	20
1	DEM, DSM	20	10	20	10	10
2	DEM, DSM	20	4	½ al.m.al.	5	4
3	DEM, DSM	10	2	½ al.m.al.	3	2
4	DEM, DSM	5	0.60	1.20	0.80	0.60
5	DEM, DSM	2	0.40	0.80	0.54	0.40
6	DDEM, DDSM	1	0.60	1.20	0.80	0.60
7	DDEM, DDSM	0.50	0.30	0.60	0.40	0.30
8	DDEM, DDSM	0.10-0.20	0.20	0.30	0.26	0.20

(al.m.al. = altezza media alberatura)

Tabella 1. I livelli di precisione dei modelli altimetrici.

Nel campo dell'acustica la Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure (GPG v2), raccomanda, specie in ambito urbano, l'impiego di un modello digitale del terreno con *accuracy* di 1,00 m., in grado comunque di descrivere la presenza di trincee e di rilevati in prossimità delle sorgenti sonore. Tale indicazione equivale alla disponibilità di un DEM di livello non inferiore a 4.

Nessuna indicazione sul livello di accuratezza della modellazione territoriale è invece presente nelle vigenti normative attuative sull'inquinamento elettromagnetico.

Applicazioni dei DEM nei software di inquinamento ambientale – Considerazioni conclusive

Nell'ambito del presente lavoro sono stati analizzati i risultati ottenuti utilizzando alcuni dei principali software per le simulazioni di inquinamento ambientale da agenti fisici, su aree significative, di cui è disponibile la relativa modellazione territoriale.

Per l'inquinamento acustico, il software di previsione adoperato è IMMI prodotto dalla Wolfel (Hochberg), in dotazione all'ARPA Sicilia, che permette sia l'importazione di modelli del terreno nei formati predefiniti ASCII e IDG, o la diretta generazione attraverso l'acquisizione di elementi cartografici territoriali mediante le seguenti metodologie di calcolo:

- il Triangular Irregular Networks (TIN), basato su punti quota altimetrici (HOEP) e curve di livello (HOEL), campionati e rappresentati mediante la triangolazione di Delaunay
- il DTM Grid basato su una griglia regolare o irregolare generata nel programma come file ASCII.

Sono state effettuate varie prove facendo riferimento a modelli diversi del terreno, gestibili dagli attuali software di simulazione e che rispettassero i livelli di precisione altimetrica indicati dalla GPGv2, valutandone di volta in volta le relative problematiche operative e confrontandone successivamente la qualità dei risultati ottenuti. Inizialmente sono stati testati, i modelli DTM e DSM ATA 07/08 disponibili recentemente dal SITR della Regione Sicilia. Il DTM ATA0708, è un modello digitale di elevazione di tutto il territorio regionale, realizzato attraverso tecnologia LiDAR, che soddisfa ampiamente le specifiche indicate dalla GPGv.2. L'uso di detta tecnologia ha permesso di ottenere modelli con precisione non inferiore al livello 5 della tab.1, con passo di maglia di 2x2 m, con le seguenti caratteristiche:

- precisione in quota pari a +/- 0,3m, passo di griglia 2m, errore sistematico max +/-0,15 mt;
- precisione planimetrica di punti quotati ed elementi lineari ben definiti: +/- 0,3 mt, in aree con densa vegetazione (copertura arborea > 70%) di +/- 0,6 m.

Nel caso di utilizzazione come riferimento del DTM, la modellazione dell'edificato e degli elementi di interesse nella valutazione acustica (barriere ecc.) è gestita direttamente dal programma IMMI per estrusione.

La principale problematica riscontrata in fase operativa, sia facendo riferimento al DSM, che al DTM con le estrusioni, è stato il tempo di calcolo impiegato per l'elaborazione delle mappe acustiche di aree vaste, che risulta eccessivo per gli attuali sistemi hardware normalmente disponibili.

E' stata quindi utilizzato come riferimento un modello del terreno vettoriale con metodologia TIN, direttamente ottenuto all'interno del software IMMI, importando i punti quotati e le curve di livello delle Carte Tecniche Regionali disponibili, in scala 1:2.000 per le aree urbanizzate. I punti altimetrici (HOEP) e le linee altimetriche (HOEL) elaborate dal programma

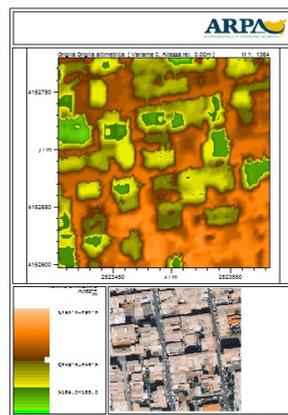


Figura 2. DSM LiDAR ATA importato in IMMI.

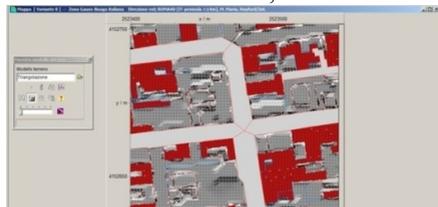


Figura 3. DTM TIN realizzato in IMMI.

previsionale, vengono compattati e trasformati nei nodi corrispondenti ai vertici dei triangoli della rete, che rappresenta la superficie del terreno, che soddisfa in termini di precisione le GPGv.2 . Anche in questo caso si è utilizzata la modellazione dell'edificato e degli altri elementi di interesse gestita direttamente dal programma IMMI per estrusione.

La principale problematica riscontrata nella procedura descritta è la limitazione imposta, anche nella versione più aggiornata, dal numero massimo di punti da trattare, inclusi i nodi all'interno delle linee altimetriche, che consente di fatto un uso limitato ad aree di modeste estensioni.

Un'ulteriore studio è stato sviluppato, realizzando in ambiente Gis un DTM GRID , utilizzando gli strati informativi che rappresentano l'orografia, la morfologia, le comunicazioni e l'edificato della cartografia numerica a scala 1:2.000 (Cart2000 formato GIS) dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia. In particolare, nella costruzione del modello, tenendo conto delle indicazioni della GPGv.2 (toolkit 11) sono stati utilizzati tutti i "punti quota" in prossimità delle infrastrutture di trasporto, opportunamente interpolati con le linee di "quota terra" dell'edificato, inoltre le aree tra l'edificato e le infrastrutture sono state dettagliate inserendo dove presenti le entità Scarpata (testa/piede), Argine (testa/piede) e l' entità Ponte/Viadotto. E' stato in tal modo realizzato un modello del terreno con una maglia da 2x2 m semplificato, ma con dettaglio adeguato per le analisi acustiche nelle aree critiche (fasce di influenza degli assi viari e ferroviari e intorno aeroportuale), con modellazione dell'edificato e degli altri elementi di interesse sempre gestita direttamente dal programma previsionale. Quest'ultima procedura non crea particolari problematiche nella elaborazione della simulazione anche nelle aree particolarmente vaste.

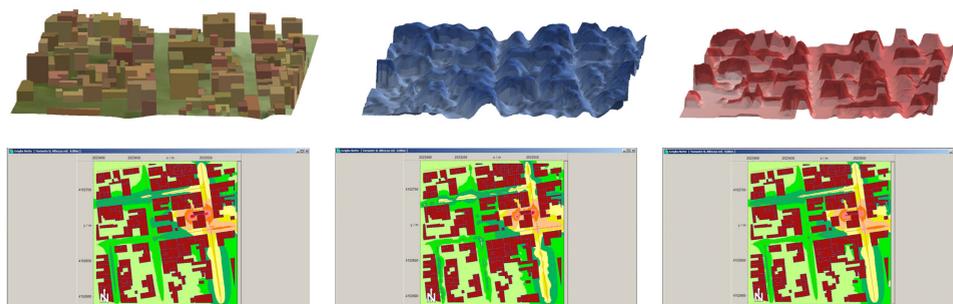


Figura 4. Mappe acustiche realizzate con DTM LiDAR ATA, DSM LiDAR ATA e DTM GRID.

Nella fase successiva di analisi e confronto dei risultati di simulazione ottenuti a partire dalle mappe acustiche elaborate con i diversi modelli territoriali, verificati anche con dati acquisiti direttamente in campo, si riscontrano differenze talvolta sostanziali, che unite alle problematiche sopra evidenziate, consentono conclusioni operative sulla scelta del modello di riferimento, nel rispetto dei limiti delle attuali linee guida, e dei software attualmente disponibili.

In particolare, scartando il modello realizzato all'interno del programma IMMI per i limiti dei dati di input già richiamati, il modello GRID elaborato in ambiente Gis, utilizzando solo i dati altimetrici in prossimità delle infrastrutture da trasporto e dell'edificato, fornisce risultati coerenti con quanto richiesto dalla normativa Europea 2002/49/CE sul rumore ambientale, limitatamente alle aree trattate e rimane l'unico modello utilizzabile dal programma previsionale in zone particolarmente vaste. I modelli LiDAR sono risultati invece troppo onerosi per il tempo di calcolo necessario nell'elaborazione delle mappature acustiche. Nel caso del DSM utilizzato, le mappe acustiche ottenute nelle aree urbanizzate in prossimità delle infrastrutture di trasporto ,sono risultate anche poco coerenti con le condizioni reali a causa della tipologia dello stesso modello.



Figura 5. DSM LiDAR ATA con edificato estruso.



Figura 6. DTM LiDAR con edificato estruso.

Un passo di griglia inferiore avrebbe certamente migliorato tali risultati, ma di contro avrebbe ulteriormente aggravato i tempi di elaborazione con l'hardware oggi normalmente disponibile.

Il modello DTM LiDAR con l'edificato e gli elementi di interesse estrusi, a partire da cartografia a scala 1:2.000, è risultato invece il più coerente nei risultati ottenuti, nella completezza e omogeneità qualitativa e metrica della rappresentazione territoriale. Tale procedura è quindi indicata per aree contenute di notevole interesse ambientale (aeroporti, stazioni ferroviarie ecc.), sempre per le problematiche ampiamente evidenziate sui tempi di elaborazione dei dati LiDAR.

Per le analisi previsionali dell'inquinamento elettromagnetico si richiama, in via preliminare, l'importanza della conoscenza dell'altimetria dell'edificato, per la valutazione dei limiti normativi, per la tipologia delle sorgenti inquinanti (antenne radio, ecc).

I test sono stati effettuati utilizzando il software WinEDT distribuito dalla Vector con il modulo Win ELF per il calcolo del campo di induzione magnetica generato da una o più linee ad alta tensione (elettrodotti) e con il modulo Vicrem, realizzato sulla base delle indicazioni contenute nella CEI 211-10, per la valutazione dell'intensità del campo elettromagnetico generato da un sistema di N trasmettitori anche non omogenei (trasmettitori di tipo composto per broadcasting).

Il programma è attualmente utilizzato sia per la progettazione radio elettrica dai principali operatori radiotelevisivi e di telefonia fissa e mobile (Vodafone, Telecom Italia, Telecom Italia Mobile, Wind Telecomunicazioni, RAIWAY, RAI, La7, ecc.), sia nel settore della simulazione dell'impatto ambientale per monitorare il livello di campo elettrico e magnetico generato dalle sorgenti radio esistenti ed analizzare le richieste degli Operatori per l'installazione di nuovi sistemi, dalle Agenzie Regionali di Protezione Ambientale (ARPA).

In questo lavoro sono stati analizzati ed utilizzati sia il modulo Vicrem che il modulo ELF, ed in entrambi i casi sono stati testati direttamente come DTM, i modelli urbani matriciali di tipo GRID prodotti dalla stessa Vector comprendenti le quote del suolo e dell'edificato, in quanto gli unici ad essere accettati in fase di input. Questi modelli sono stati generati partendo dai punti quota e dalle curve di livello dalla cartografia tecnica regionale disponibile nella scala 1:2.000 e 1:10.000, aggiungendo l'edificato realizzato per estrusione dalle relative quote di gronda. I modelli così realizzati con un passo di maglia della griglia di 2x2 m per le aree coperte dalla cartografia in scala 1:2.000 e un passo di 4x4 m per le restanti aree, possono essere paragonati come precisione ai livelli 4 e 3. L'analisi del campo magnetico viene eseguita su sezione orizzontale al suolo, sezione verticale e con il "volume

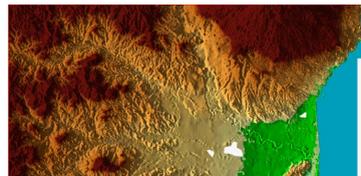


Figura 7. DTM Vector 2x2m.

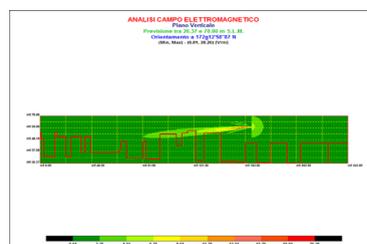


Figura 8. Analisi del campo elettromagnetico su piano verticale

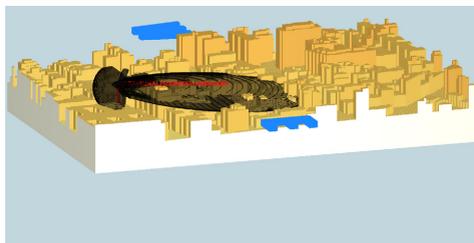


Figura 9. "volume prismatico" del campo elettromagnetico.

prismatico", in modo da studiare il valore del campo magnetico in corrispondenza dei differenti piani di ciascuno degli edifici interessato dall'inquinamento.

Specialmente per le altre frequenze (modulo Vicrem) risulta evidente quindi come il profilo altimetrico dell'edificato riveste un'importanza maggiore rispetto al profilo altimetrico del terreno, e pertanto risulta più importante la disponibilità e la qualità del dato di "quota gronda".

Dai risultati ottenuti, pertanto, visibili nella sottostante figura n°10, non rivestendo importanza a livello qualitativo l'accuratezza del DTM, non sono state rilevate notevoli differenze utilizzando il modello con passo di maglia 2x2 m o 4x4 m.

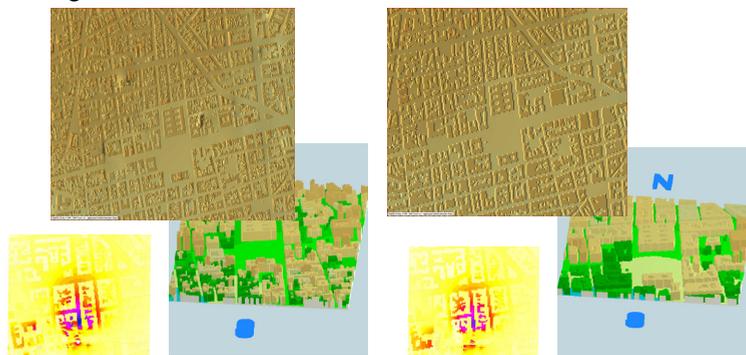


Figura 10. Analisi del campo elettromagnetico su DTM Vector con risoluzione di 2mt e 4 mt.

In conclusione i modelli digitali testati all'interno dei programmi previsionali oggi disponibili ed utilizzati per il monitoraggio e controllo dell'inquinamento dal rumore e dall'elettromagnetismo

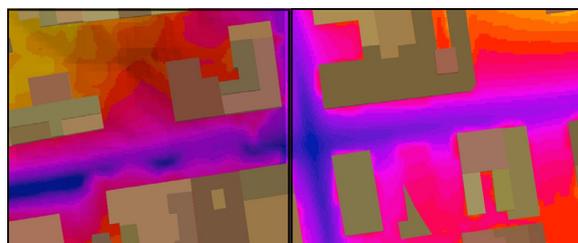


Figura 11. Confronto dell'elaborazione acustico su modello LiDAR DSM e modello Vector con estrusione dell'edificato.

(DTM e DTS con risoluzione a 2m derivati da rilievo LiDAR o da cartografia tradizionale con risoluzione a 2m e 4m) rivestono certamente notevole importanza ai fini di una corretta valutazione degli effetti generati dagli agenti fisici trattati, ma mostrano limiti di effettivo utilizzo, in special modo in quelli derivati da tecnica LiDAR, se rapportati ad analisi eseguite su aree particolarmente vaste perché difficili da gestire. Per i DEM derivati da cartografia tradizionale si aggiunge anche

la mancanza su gran parte del territorio non densamente urbanizzato di dati cartografici ad alta risoluzione in grado di darci informazioni precise specie a livello di quota gronda.

Bibliografia

- Casabianca S., Reitano M.C., Puglisi A., Leone M., La mappatura acustica strategica di aree vaste, Il caso dell'agglomerato urbano di Catania, in Atti del Seminario GAA "La mappatura acustica strategica degli agglomerati urbani nel secondo ciclo di attuazione della Direttiva Europea 2002/49/CE", Pisa, 2 luglio 2011.
- Casabianca S., Leone M., Puglisi A., Reitano M. C. (2010), "Mappatura acustica da traffico veicolare e ferroviario di un'area campione dell'agglomerato urbano di Catania", Atti del 37°Convegno Nazionale A.I.A., Siracusa 26-28/05/2010.
- Licitra G., Magnoni M., D'Amore G. – ANPA "Rassegna dei modelli per il rumore, i campi elettromagnetici e la radioattività ambientale", RTI CTN_AGF. 01, 2001.
- Brambilla G., Poggi A., Bojola R., Casini D., Licitra G., Procedure per la conversione dei dati esistenti sul rumore ambientale nei descrittori previsti dalla Direttiva Europea 2002/49/CE, CTN_AGF-T-LGU-05, 2005.