



**IL RUMORE PRODOTTO DALLE  
INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO**  
19-20 novembre 2004  
PARMA

**La modellistica previsionale applicata al  
risanamento  
ed alla prevenzione: teoria ed esempi**

Angelo Farina

Dip. Ing. Industriale, Università di Parma, Via delle  
Scienze – 43100 PARMA

Tel. 0521 905854 – fax 0521 905705 –  
E-MAIL: [farina@unipr.it](mailto:farina@unipr.it) – [HTTP://www.angelifarina.it](http://www.angelifarina.it)

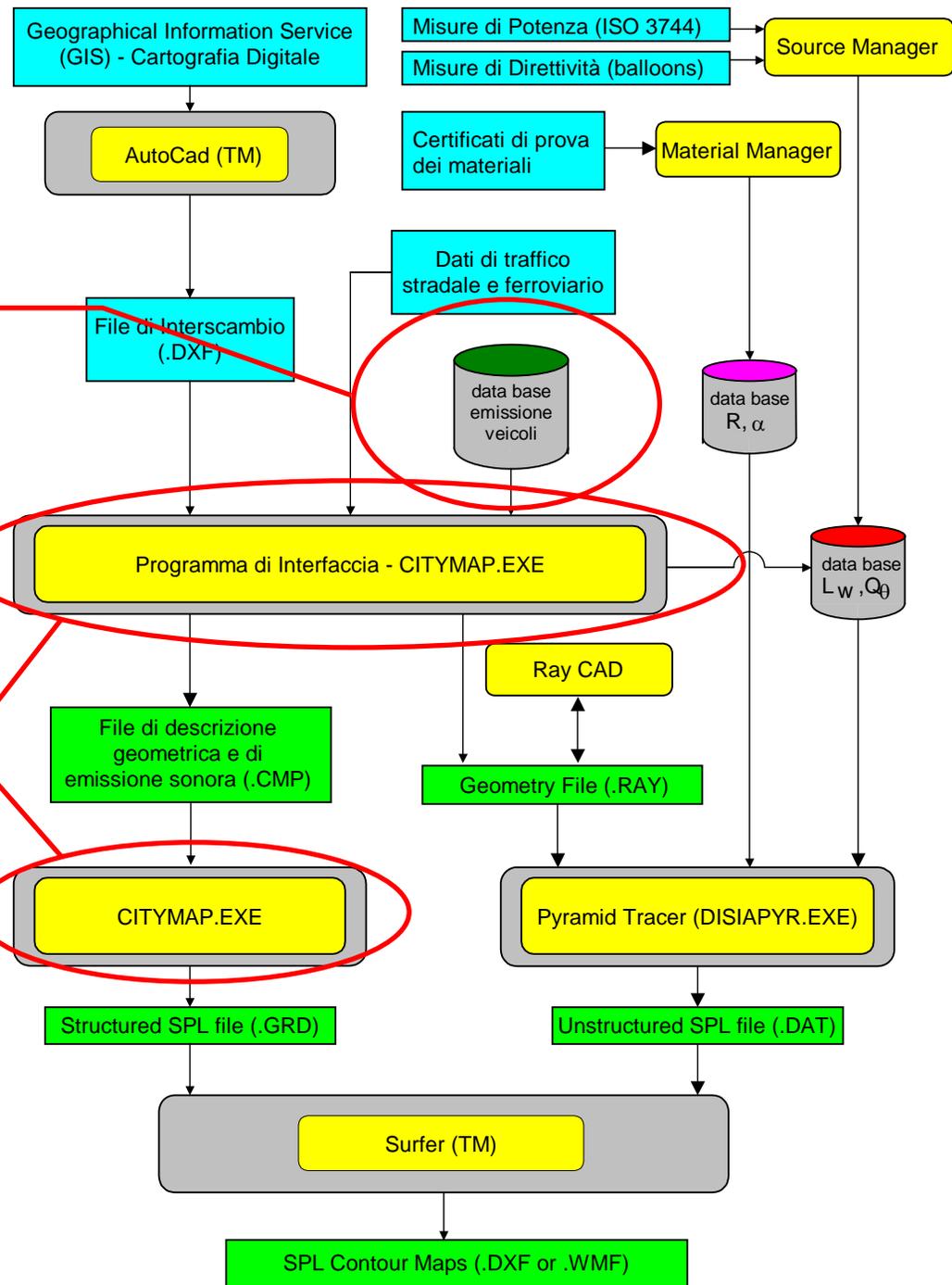
# Il software DISIA

- Sviluppato da Angelo Farina ed IPSE nel 1995
- Progetto DISIA “Risanamento acustico delle aree urbane”
- Basato su vasta campagna di rilievi fonometrici
- Moderna impostazione metodologica
- Facilità di utilizzo, interfaccia aperta, collegamento ad altri programmi (Autocad Surfer)

# Schema a Blocchi

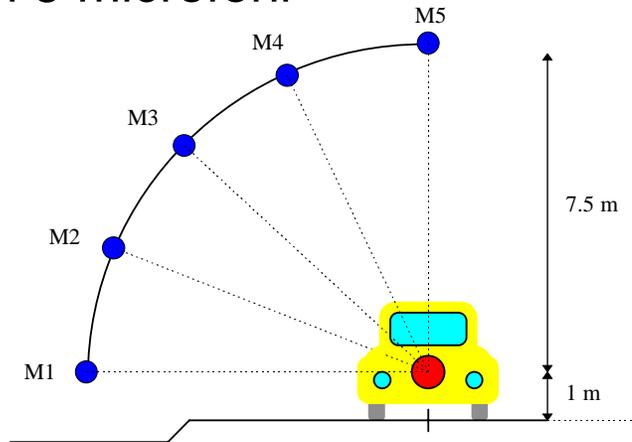
Data-Base di emissione ricavato da rilievi fonometrici

CITYMAP  
Programma centrale del pacchetto DISIA

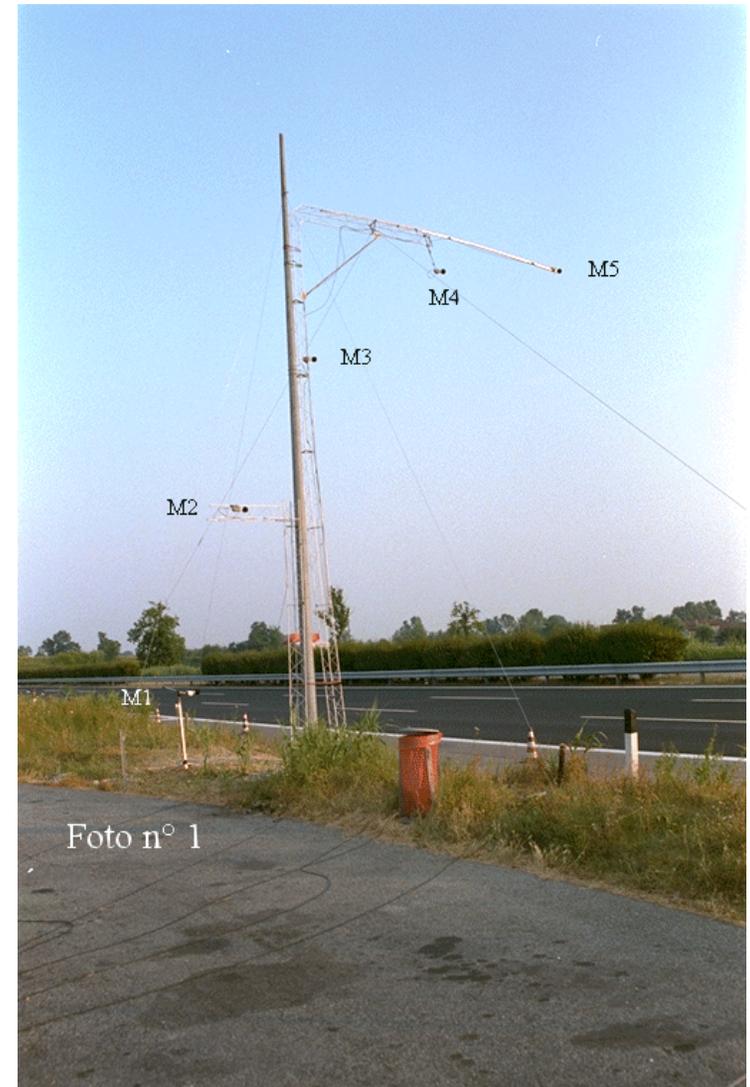


# Rilievo del Rumore Stradale

- Portale di misura attrezzato con 5 microfoni

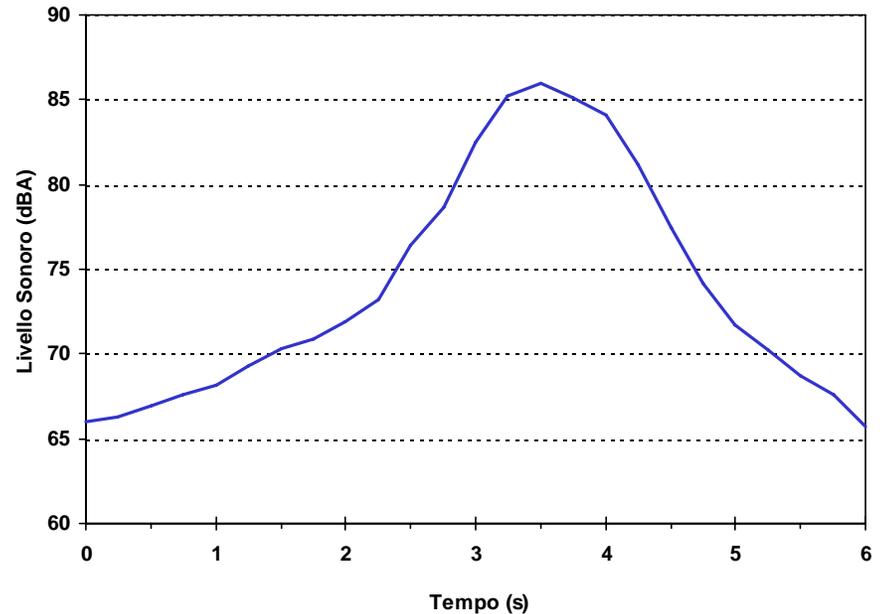


Microfono	Ascisse [m]	Ordinate [m]
M1	7.5	0
M2	6.93	2.87
M3	5.3	5.3
M4	2.87	6.93
M5	0	7.5



# Misura del SEL

- Misura con analizzatore di spettro in tempo reale
- Si ottiene un SEL per ogni banda d'ottava + banda "A", per ciascuno dei 5 microfoni
- Si determina per ciascun passaggio la velocità ed il tipo di veicolo
- Si mediano i risultati su un numero molto grande di passaggi



Profilo temporale del passaggio di un autoveicolo -  $d=7.5$  m

# Tipi di veicoli e classi di velocità

## TIPO DI SEDE STRADALE

- A1 - condizione standard 1: pavimentazione bituminosa tradizionale, pendenza nulla;
- A2 - condizione parametrica 2- pavimentazione bituminosa tradizionale, pendenza +5%;
- A3 - condizione parametrica 3- pavimentazione bituminosa tradizionale, pendenza -5%;
- A4 - condizione parametrica 4- pavimentazione in pavé, pendenza nulla;
- A5 - condizione parametrica 5- pavimentazione bituminosa fonoassorbente, pendenza nulla.

## CATEGORIA DI VEICOLI

- V1 - autovetture e veicoli commerciali fino a 5 t;
- V2 - veicoli commerciali medi, con 2 assi più di 4 ruote, autobus extraurbani;
- V3 - veicoli commerciali medio-pesanti, con 3 o più assi e peso totale fino a 10 t;
- V4 - veicoli pesanti con più di 3 assi, con rimorchi o semirimorchi;
- V5 - motocicli.

## FASCE DI VELOCITA'

- |    |                  |                        |    |                   |       |
|----|------------------|------------------------|----|-------------------|-------|
| C1 | $0 < V \leq 25$  | km/h in accelerazione; | C5 | $50 < V \leq 70$  | km/h; |
| C2 | $25 < V \leq 50$ | km/h in accelerazione; | C6 | $70 < V \leq 90$  | km/h; |
| C3 | $0 < V \leq 25$  | km/h in decelerazione; | C7 | $90 < V \leq 110$ | km/h; |
| C4 | $25 < V \leq 50$ | km/h in decelerazione; | C8 | $V > 110$         | km/h. |

# Numero di rilievi eseguiti (rum. stradale)

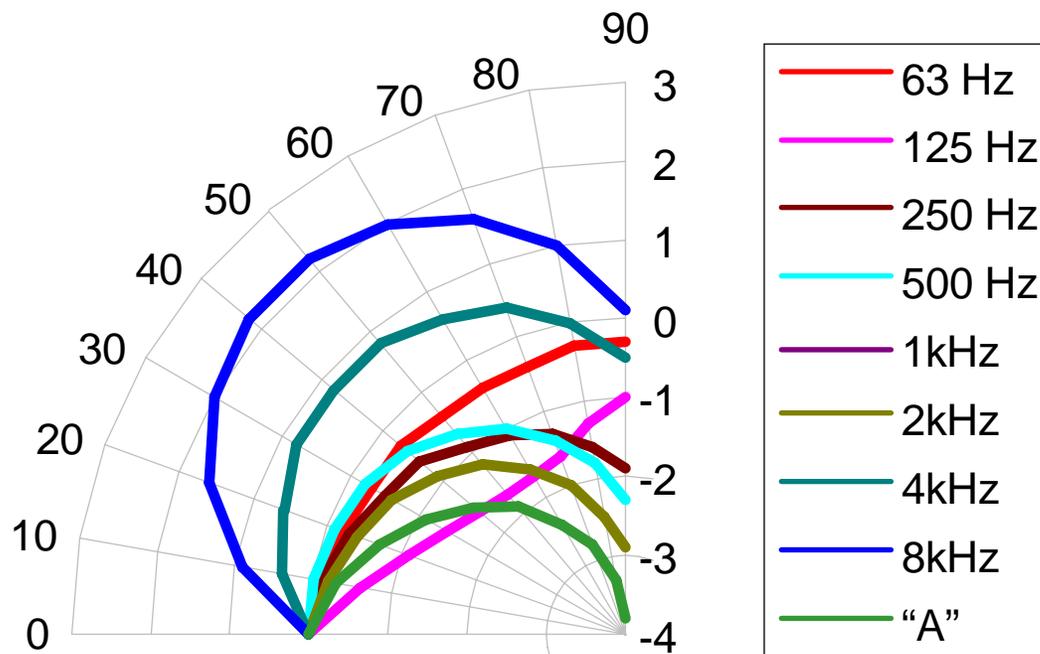
Condizione	Tipo veicolo	Cl.Vel. C1	Cl.Vel. C2	Cl.Vel. C3	Cl.Vel. C4	Cl.Vel. C5	Cl.Vel. C6	Cl.Vel. C7	Cl.Vel. C8	Totale
	V1	200	200	200	200	200	200	200	200	400
	V2	50	50	50	50	50	50	50	50	400
A1	V3	50	50	50	50	50	50	50	50	400
	V4	50	50	50	50	50	50	50	50	400
	V5	40	40	40	40	40	40	40	40	320
	V1	100		100		100		100		400
	V2	30		30		30		30		120
A2	V3	30		30		30		30		120
	V4	30		30		30		30		120
	V5	20		20		20		20		80
	V1	100		100		100		100		400
	V2	30		30		30		30		120
A3	V3	30		30		30		30		120
	V4	30		30		30		30		120
	V5	20		20		20		20		80
	V1	100		100		100		100		400
	V2	30		30		30		30		120
A4	V3	30		30		30		30		120
	V4	30		30		30		30		120
	V5	20		20		20		20		80
	V1	100		100		100		100		400
	V2	30		30		30		30		120
A5	V3	30		30		30		30		120
	V4	30		30		30		30		120
	V5	20		20		20		20		80
		1620		1620		1620		1620		6480

# Risultati rilievo rumore stradale

File SELSC8V1.TXT

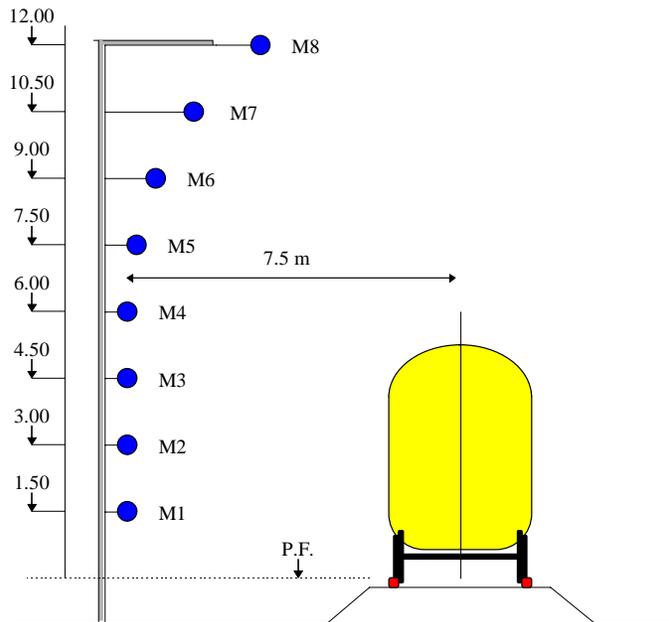
SC8V1	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
<del>Condizione</del>	<del>81.7</del>	<del>87.4</del>	<del>81.4</del>	<del>76.2</del>	<del>75.1</del>	<del>73.8</del>	<del>70.6</del>	<del>71.1</del>	<del>81.3</del>
<del>Asfalto Liscio</del>	<del>81.7</del>	<del>87.4</del>	<del>81.4</del>	<del>76.2</del>	<del>75.1</del>	<del>73.8</del>	<del>70.6</del>	<del>71.1</del>	<del>81.3</del>
<del>Corr. Pavé'</del>	<del>+1.1</del>	<del>+1.2</del>	<del>+2.1</del>	<del>+2.3</del>	<del>+1.5</del>	<del>+1.6</del>	<del>+1.8</del>	<del>+1.3</del>	<del>+1.9</del>
Corr. Asf.Ass.	-0.1	-0.3	-1.1	-1.8	-2.4	-2.1	-1.2	-1.3	-1.4
Corr. Salita 5°	+2.2	+2.4	+3.1	+2.1	+2.0	+1.3	+1.6	+1.4	+2.2
Corr. Discesa 5°	-1.2	-1.3	-0.8	-1.1	+1.0	-0.2	+0.7	+0.8	+0.1

**SEL**

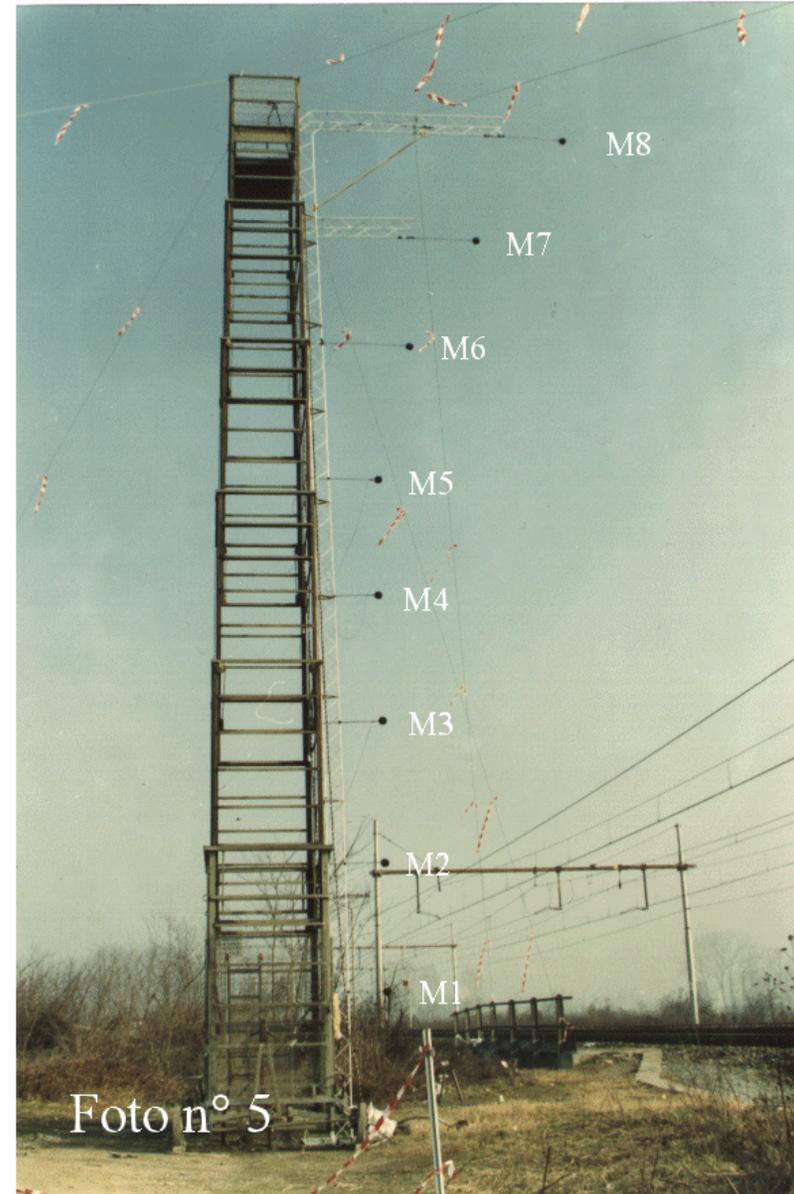


# Rilievo del Rumore Ferroviario

- Portale di misura attrezzato con 8 microfoni



Microfono	Ascisse [m]	Ordinate [m]
M1	7.50	1.5
M2	7.50	3.0
M3	7.50	4.5
M4	7.50	6.0
M5	7.35	7.5
M6	6.87	9.0
M7	6.00	10.5
M8	4.50	12.0



# Tipi di veicoli e classi di velocità

## TIPOLOGIA DI ARMAMENTO

A1 - rotaie lunghe saldate su traversine in c.l.s. e ballast;

A2 - rotaie corte con presenza di scambi/deviatoi/incroci.

## CATEGORIA DI VEICOLI

V1 - treni merci;

V2 - treni passeggeri a breve percorso (composizione bloccata);

V3 - treni passeggeri a lungo percorso (composizione variabile);

## FASCE DI VELOCITA'

C1 -  $V \leq 60$  Km/h;

C2 -  $60 < V \leq 90$  Km/h;

C3 -  $90 < V \leq 120$  Km/h;

C4 -  $V > 120$  Km/h.

# Numero di rilievi eseguiti (rum. ferroviario)

Condizione	Tipo Veicolo	Cl. vel. C1	Cl. vel. C2	Cl. vel. C3	Cl. vel. C4	Totale
A1 (binario continuo)	V1	60	60	40	40	200
	V2	60	60	60	40	220
	V3	40	60	60	60	220
A2 (scambi)	V1	40	40	30	30	140
	V2	40	40	40	30	150
	V3	30	40	40	40	150
Totale		270	300	270	240	1080

Nota: nel calcolo del SEL dei treni, si deve anche tenere conto della loro lunghezza, che veniva misurata mediante due fotocellule (assieme alla velocità). In particolare, i valori di SEL vengono rinormalizzati rispetto ad una lunghezza “standard” del convoglio di 100m:

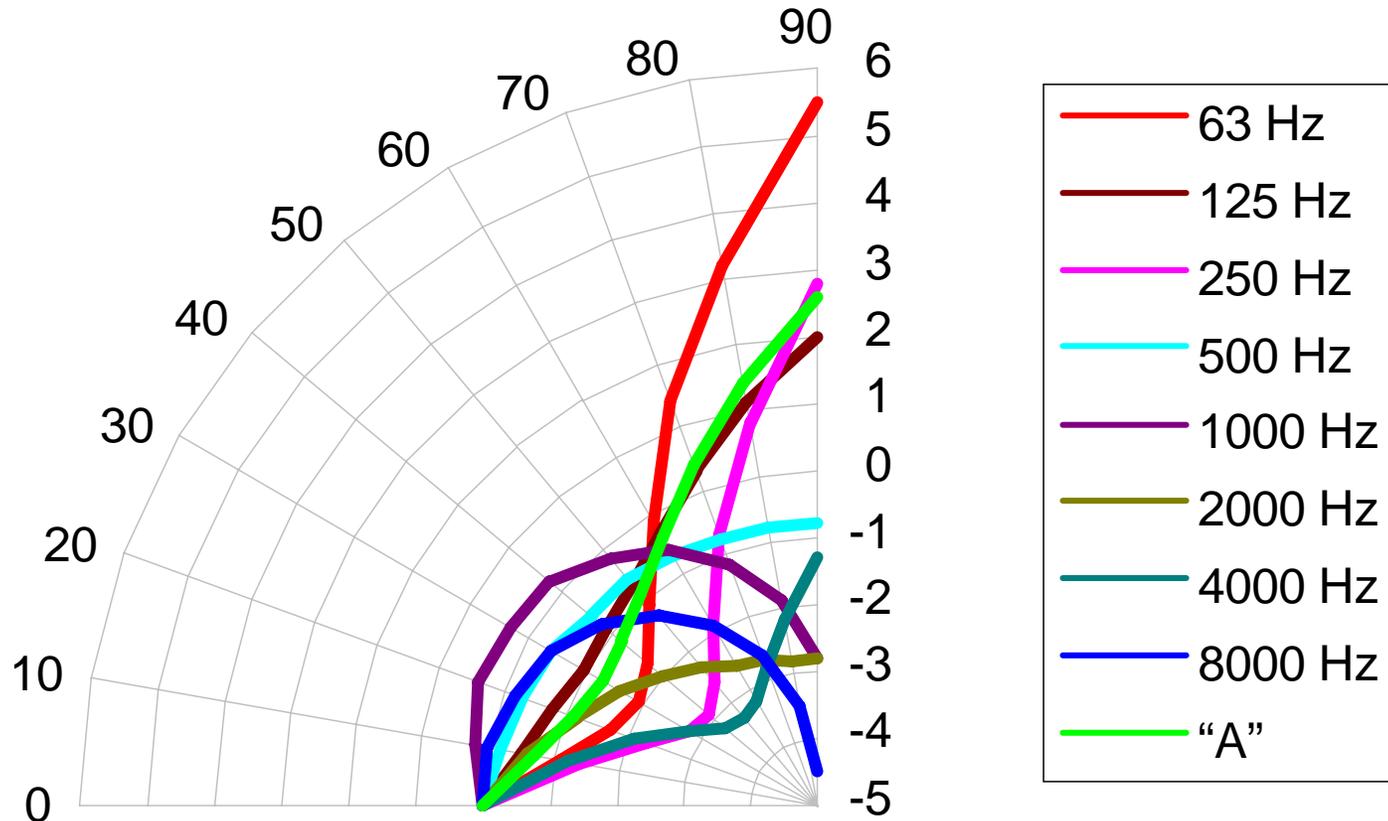
$$SEL_{\text{norm}} = SEL_{\text{sper}} + 10 \cdot \lg \left[ \frac{100}{L_{\text{eff}}} \right]$$

# Risultati rilievo rumore ferroviario

File SELTC1V3.TXT

TC1V3									
Condizione	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
BASE	84.1	81.7	87.3	86.2	86.2	83.5	80.5	72.9	93.3
Corr. Scambio	+3.1	+4.7	+2.6	+1.7	+1	+0.8	+2.3	+3.6	+1.0

**SEL**



# Algoritmo di Calcolo (Citymap)

Il livello equivalente medio a 7.5m dalla strada (o dalla ferrovia) si ottiene a partire dai SEL unitari esistenti nel data-base di emissione tramite la:

$$L_{eq,7.5m} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^5 \left( 10^{\frac{SEL_i + \Delta L_{asfalto,i} + \Delta L_{pendenza,i}}{10}} \cdot \frac{N_i}{16 \cdot 3600} \right) \right]$$

Per quanto riguarda il rumore ferroviario, va osservato che i valori di SEL sono normalizzati ad una lunghezza fissa dei convogli, pari a 100 m:

$$L_{eq,7.5m} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^3 \left( 10^{\frac{SEL_i + \Delta L_{binario,i} + \Delta L_{pendenza,i}}{10}} \cdot \frac{N_i}{16 \cdot 3600} \cdot \frac{L_i}{100} \right) \right]$$

# Algoritmo di Calcolo (Citymap)

Si considera un singolo contributo di energia sonora da ciascun tratto, come se ci fosse una sorgente concentrata nel suo centro. Il Livello di Potenza  $L_W$  di tale sorgente concentrata è dato dalla relazione:

$$L_W = L_{eq,7.5m} + 10 \cdot \lg(2 \cdot \pi \cdot 7.5) + 10 \cdot \lg(l)$$

La propagazione è considerata di tipo sferico con attenuazione:

$$L_{eq} = L_W + 10 \cdot \lg\left(\frac{e^{-\beta \cdot d}}{4 \cdot \pi \cdot d^2}\right)$$

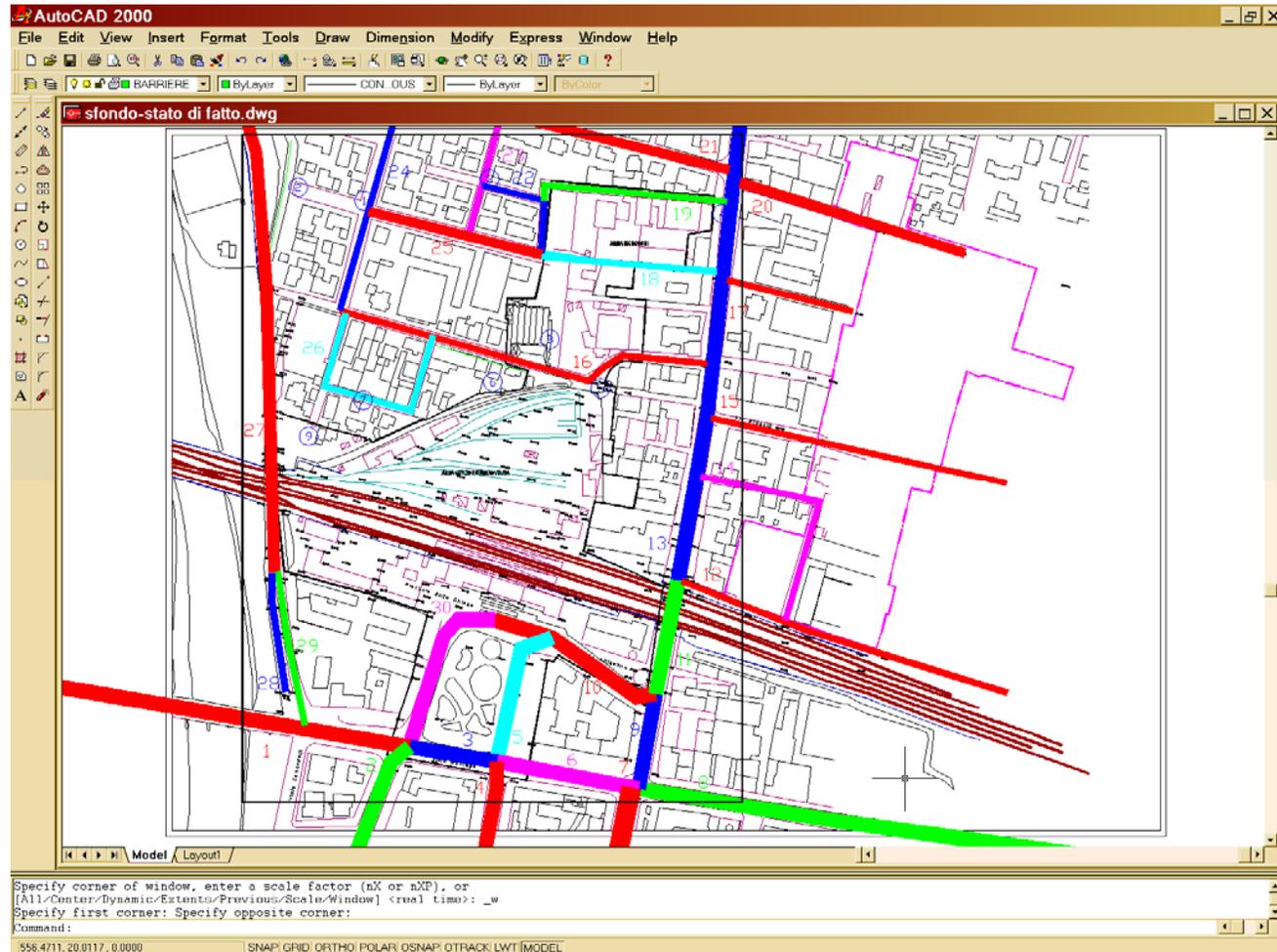
L'effetto di schermatura causato dagli edifici situati lungo la strada viene considerato tramite la relazione semplificata:

$$\Delta L = 10 \cdot \lg\left(1 + 40 \cdot \delta \cdot \frac{f}{c}\right)$$

La frequenza  $f$  viene assunta pari a 340 Hz, e la differenza di cammino  $\delta$  viene calcolata come somma dei due raggi diffratti meno il raggio diretto.

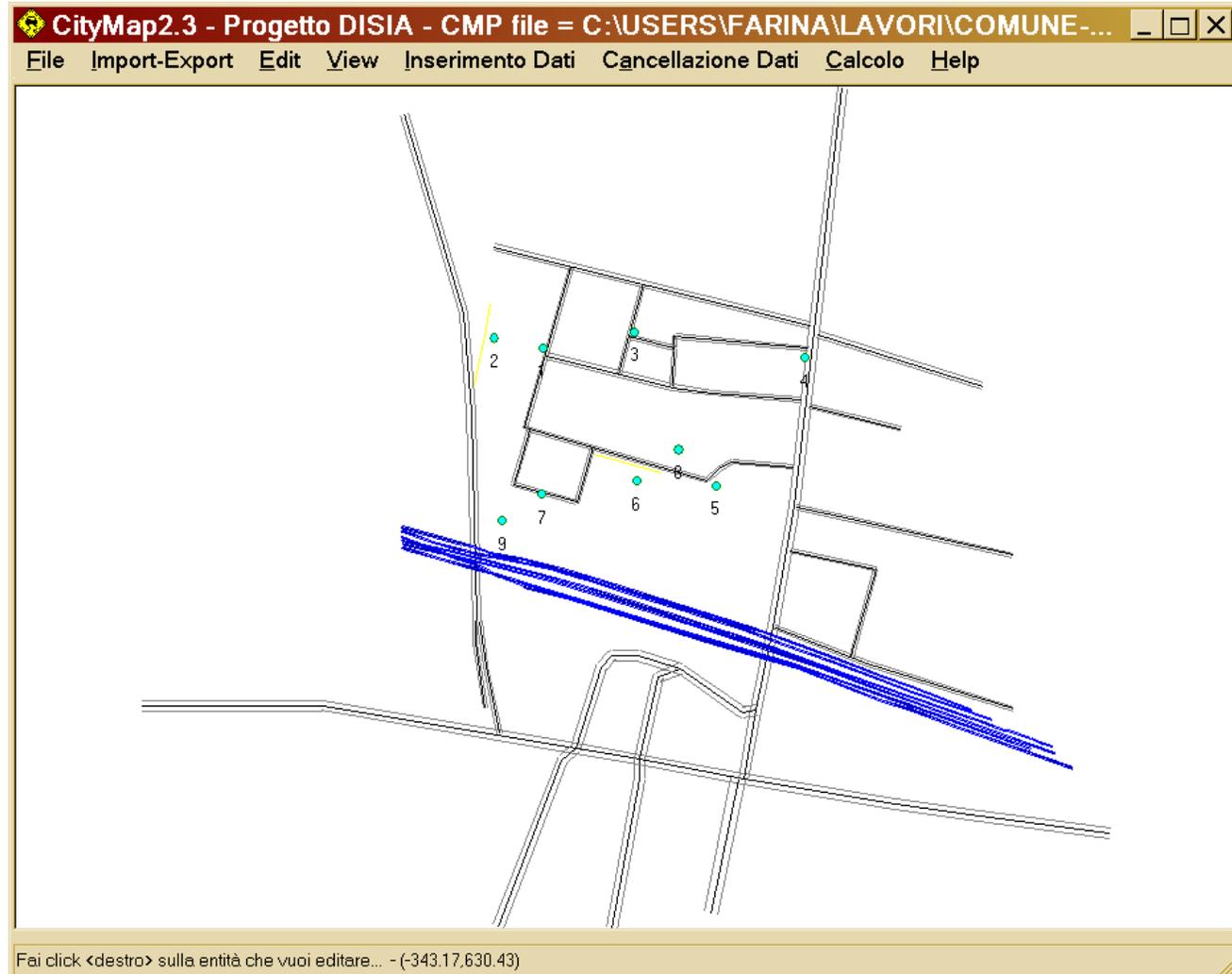
# Utilizzo di Citymap

- Si parte da Autocad, disegnando su appositi layers le case, le strade, i binari, le barriere ed i punti di calcolo



# Utilizzo di Citymap

- Si importa in Citymap il file DXF, e si assegnano i dati di flusso stradale e ferroviario



# Introduzione dati di flusso

**Editazione dati traffico stradale**

Selezione Tratto Stradale

Tratto n.  Nome:

Leq, 7.5m (G/N)    Fisso  Calcola

Proprietà

Tipo di Pavimentazione

Pendenza (%. + | -)

hmed edifici lato Sinistro

hmed edifici lato Destro

Traffico diurno complessivo

N.autovetture (V1)	<input type="text" value="16807"/>	<input type="text" value="C6-(70-90 km/h)"/>
N.camion 2 assi (V2)	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-30 km/h) acc."/>
N.camion 3 assi (V3)	<input type="text" value="1768"/>	<input type="text" value="C6-(70-90 km/h)"/>
N.TIR (V4)	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-30 km/h) acc."/>
N.motocicli (V5)	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-30 km/h) acc."/>

Traffico notturno complessivo

N.autovetture (V1)	<input type="text" value="1627"/>	<input type="text" value="C6-(70-90 km/h)"/>
N.camion 2 assi (V2)	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-30 km/h) acc."/>
N.camion 3 assi (V3)	<input type="text" value="119"/>	<input type="text" value="C6-(70-90 km/h)"/>
N.TIR (V4)	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-30 km/h) acc."/>
N.motocicli (V5)	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-30 km/h) acc."/>

Imposta automaticamente i dati della strada precedente

<input type="text" value="Cat.A - Autostrada"/>	<input type="text" value="Cat.B - Extraurb. princ."/>
<input type="text" value="Cat.C - Extraurb. sec."/>	<input type="text" value="Cat.D - Urbana scorr."/>
<input type="text" value="Cat.E - Urbana quart."/>	<input type="text" value="Cat.F - Locale"/>

**Editazione dati traffico ferroviario**

Selezione Tratto Ferroviario

Tratto n.  Nome:

Leq, 7.5m (G/N)    Fisso  Calcola

Proprietà

Tipo di Armamento

hmed edifici lato Sinistro

hmed edifici lato Destro

Traffico diurno complessivo

	Num.	Lungh.	Velocità
tr.merci (V1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-60 km/h)"/>
tr.pass. locali (V2)	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="19"/>	<input type="text" value="C2-(60-90 km/h)"/>
tr.pass. l.perc. (V3)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-60 km/h)"/>

Traffico notturno complessivo

	Num.	Lungh.	Velocità
tr.merci (V1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-60 km/h)"/>
tr.pass. locali (V2)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="C2-(60-90 km/h)"/>
tr.pass. l.perc. (V3)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="C1-(0-60 km/h)"/>

Imposta automaticamente i dati del binario precedente

# Calcolo mappatura isolivello

**Esecuzione Mappatura .GRD**

Nome del File: C:\USERS\FARINA\LAVORI\COMUNE-PR\STAZIONE\

Opzioni di Calcolo

Periodo Diurno  Calcolo della diffrazione su ostacoli (case, barriere)

Periodo Notturno

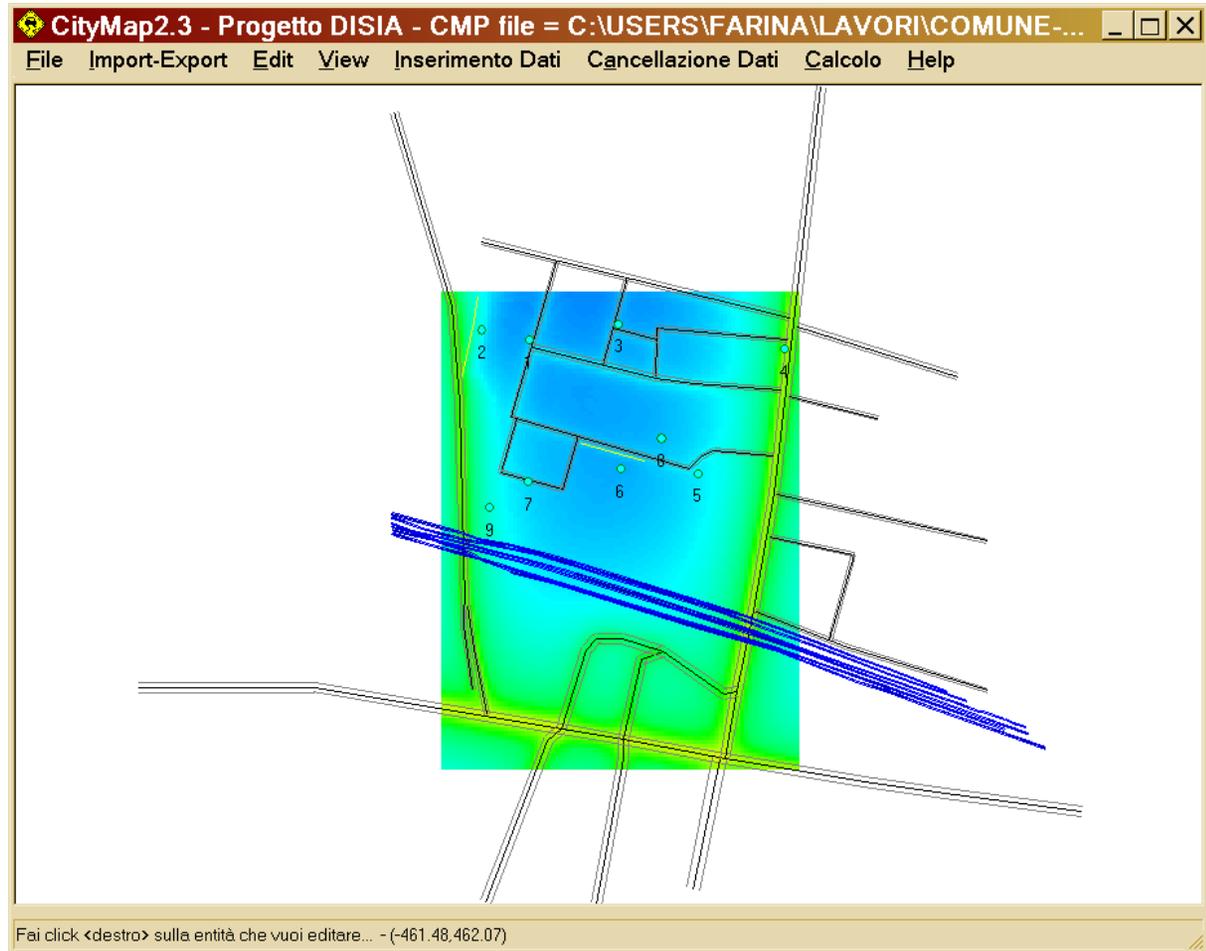
Massima distanza Sorg./Ricev.da considerare (m): 2500

Mappatura su piano a quota Z costante

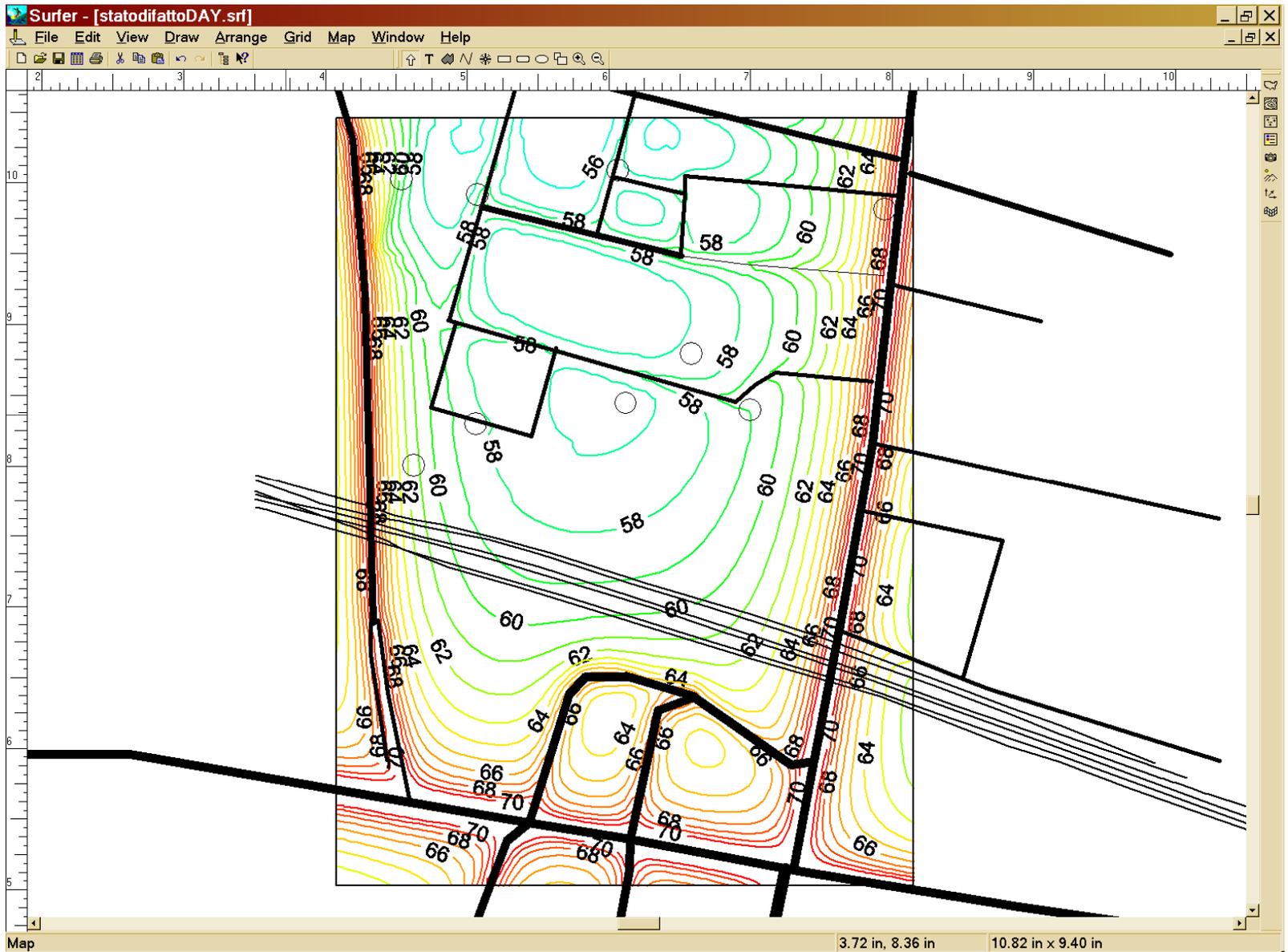
Dati sulla griglia orizzontale

N. divis. X	84	Xmin	0.	Xmax	420.
N. divis. Y	112	Ymin	0.	Ymax	560.
Quota del piano di mappatura (m)	0.	+Hrec=4.m			

Mappatura seguendo l'altimetria del terreno



# Esportazione verso Surfer

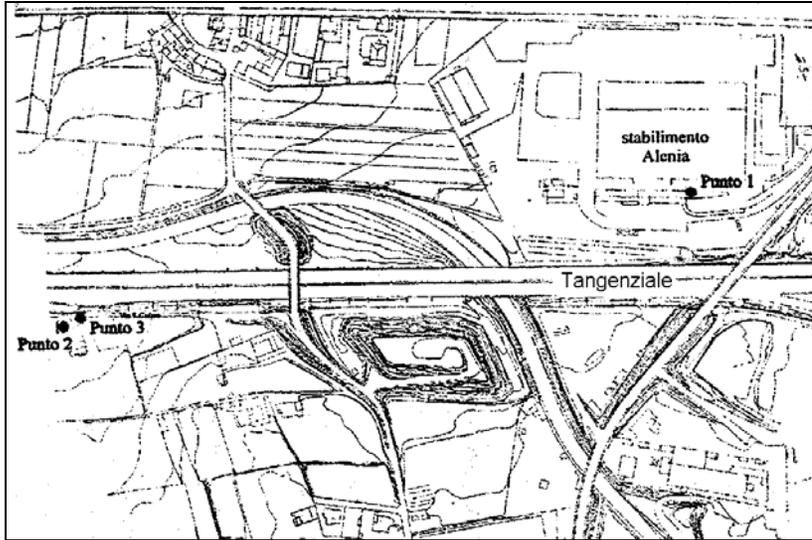


# Re-importazione finale in Autocad



# Verifica accuratezza Citymap

Area urbana prospiciente la tangenziale (Napoli Est)



Punto n.	1	2	3
$L_{eq}$ sperimentale	68.1	74.2	71.0
$L_{eq}$ calcolato	73	77	74

Area urbana prospiciente Via F.lli Bandiera di Mestre

Punto n.	1	2	3
$L_{eq}$ sperimentale	66.1	68.2	64.3
$L_{eq}$ calcolato (config. 1)	67	70	66
$L_{eq}$ calcolato (config. 2)	63	64	61

Area urbana prospiciente via Foria (Napoli)



Punto n.	1	2	3
$L_{eq}$ sperimentale	64.3	68.1	71.3
$L_{eq}$ calcolato	61	68	69

Sito di Mestre - Via Trieste

Punto n.	1	2	3	4
$L_{eq}$ sperimentale	66.2	60.1	68.3	67.9
$L_{eq}$ calcolato	68	62	67	67