



1. Basi

1.1 Contesto e problematica

Negli ultimi anni sono stati pubblicati diversi studi riportanti nuove conoscenze sugli impatti causati da incroci stradali e da rotatorie sui livelli sonori e sul fastidio percepito («Akustische Auswirkungen von Licht- signalen und Kreiverkehren», Papenfus et al., 2011, [1]; «Lärmauswirkung von Knoten und Kreisel, Lästigkeit und Störwirkung», Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit, 2015, [2]; «Lärmauswirkungen von Knoten und Kreisel», Stauber et. al. 2015, [3]).

Questi studi mostrano importanti differenze dei livelli sonori in rapporto a tratti stradali senza incroci, ma anche fluttuazioni dei livelli sonori e spostamenti di frequenze, che influiscono negativamente sul fastidio percepito. Il presente aiuto all'esecuzione si basa principalmente su questi studi.

1.2 Valenza giuridica dell'aiuto all'esecuzione

Il presente aiuto all'esecuzione elaborato dal Cercle Bruit è destinato in primo luogo alle autorità esecutive e promuove una pratica di applicazione unitaria. Esso precisa e concretizza i concetti, espressi nel manuale per il rumore stradale (MRS, [4]), sul modo di determinare i livelli sonori presso gli incroci e le rotatorie (Aiuto all'esecuzione cap. 1.6).

Secondo l'art. 38 cpv. 2 dell'Ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF) i calcoli delle immissioni foniche vanno eseguiti secondo lo stato riconosciuto dalla tecnica. Il presente aiuto all'esecuzione tiene conto dei più recenti risultati della ricerca in merito all'impatto fonico prodotto dagli incroci stradali e dalle rotatorie.

Le autorità esecutive che si attengono al presente aiuto all'esecuzione, possono partire dal principio che stanno applicando in modo conforme il diritto federale; sono tuttavia ammesse anche altre soluzioni purché siano conformi al diritto federale.

1.3 Campo d'applicazione

Questo aiuto all'esecuzione si applica in generale alla valutazione del rumore stradale nei pressi di incroci e rotatorie. Può essere utilizzato se in queste situazioni particolari si devono determinare le immissioni foniche ai sensi dell'art. 36 OIF, per esempio nell'ambito di trasformazioni, perizie, risanamenti e allestimento di catasti del rumore.

In base al manuale per il rumore stradale (MRS, [4]) se in un punto d'immissione c'è l'influsso di diverse fonti risp. diverse strade che si incrociano, nel calcolo dei rumori si devono considerare anche i tratti stradali secondari, che presentano una differenza di livello sonoro fino a 10 dB rispetto al tratto stradale predominante. In questo aiuto all'esecuzione si considerano esplicitamente solo gli

incroci stradali, che soddisfano a questo criterio. Le rotatorie invece devono essere sempre verificate.

1.4 Definizioni

Gli incroci e le rotatorie stradali sono nodi stradali dove s'incrociano più di due segmenti stradali e sono definiti nel modo seguente:

Incrocio: si tratta di una costruzione stradale, che serve al raccordo di strade, di regola formato da tre fino al massimo cinque segmenti stradali. In caso di incroci a tre segmenti si parla pure di intersezioni. Nel presente studio le intersezioni stradali vengono considerate come una sottocategoria degli incroci e quindi non rappresentati in una categoria separata.

Incroci dotati di impianti semaforici: gli incroci dove il traffico è regolato da impianti semaforici vengono considerati come una categoria speciale e di seguito denominati «incroci con IS».

Rotatorie: le rotatorie (traffico in rotatoria o rotatoria stradale) rappresentano una forma speciale d'incroci, in quanto nessuna delle correnti di traffico si incrocia direttamente. In linea di massima le rotatorie sono pure degli incroci stradali. Per una migliore comprensione saranno denominati in seguito incroci soltanto i collegamenti stradali senza rotatorie.

1.5 Situazione sui rumori

Secondo lo studio VSS 2009/201 [3] i livelli sonori medi in prossimità di incroci si distinguono dai tratti stradali senza incroci nel modo seguente: incremento di 0.5 dB nei settori vicini (≤ 25 m) e diminuzione di 0.5 dB a una distanza dall'incrocio tra i 25 e i 50 metri.

In prossimità di rotatorie la differenza risulta di circa 1 dB più silenziosa in confronto al tratto senza incroci. Il procedimento per tenere conto delle differenze dei livelli sonori viene descritto nel capitolo 3.

Inoltre i livelli sonori si caratterizzano in modo differente a causa dei rumori di rotolamento e del motore che variano a dipendenza dello stile di guida.

Rispettivamente in corrispondenza degli incroci e delle rotatorie bisogna tener conto dell'effetto variabile della pavimentazione stradale in particolare perché a causa della maggiore sollecitazione meccanica in questi luoghi vengono impiegate pavimentazioni particolarmente resistenti e spesso pure rumorose (p.es. conglomerati bituminosi oppure cemento) [1][5]. La correzione dell'effetto della pavimentazione sulle emissioni è descritta al capitolo 4.

Oltre all'effetto sul livello sonoro degli incroci e delle rotatorie, è determinante anche l'effetto di disturbo. Le importanti variazioni del livello sonoro dovute alle manovre di frenata e di accelerazione, come pure i rumori più forti dei motori dei veicoli vengono generalmente percepiti dagli abitanti più molesti rispetto a quelli prodotti dal traffico fluido e possono comportare di notte un incremento delle reazioni di risveglio [1][2]. Nella presente pubblicazione gli effetti sulla molestia (di giorno) e sulle reazioni di risveglio (di notte) vengono considerati come effetto di disturbo.

L'entità dell'effetto di disturbo dipende dal volume del traffico. Questo effetto di disturbo non viene però rilevato attraverso il livello sonoro medio e può perciò essere tenuto conto in altro modo (attraverso fattori correttivi dell'effetto di disturbo). La correzione sulle immissioni foniche relativa all'effetto di disturbo è descritta nel capitolo 5.

1.6 Strumenti per l'esecuzione

1.6.1. Ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF; RS 814.41)

Art. 38, cpv. 2, OIF (Metodi di determinazione)

I calcoli vanno eseguiti secondo lo stato riconosciuto dalla tecnica.

- Dalla pubblicazione del manuale per il rumore stradale nel 2006 sono disponibili nuovi risultati da studi che si sono occupati in modo specifico della molestia e degli effetti di disturbo causati dagli incroci e dalle rotatorie stradali. Questi nuovi dati affrontano diversi aspetti della molestia rispettivamente degli effetti di disturbo e si servono di differenti scenari di riferimento e di modelli.

Allegato 3, cifra 31, cpv. 2, OIF (Determinazione del livello di valutazione, principi)

Il livello di valutazione parziale L_{r1} è la somma del livello energetico medio Leq,m , ponderato A, prodotto dai veicoli a motore e della correzione del livello K1: $L_{r1} = Leq,m + K1$

- Le correzioni del livello sono stabilite dall'OIF. Il livello di valutazione viene calcolato in base al livello energetico medio Leq (unità fisica) e a un fattore di correzione.
- La valutazione del rumore del traffico stradale si basa su una situazione media, solitamente un traffico fluido su tratto stradale senza incroci.
- Per la valutazione del rumore del traffico stradale in caso di ridotto volume di traffico, si applica un bonus (correzione del livello K1 per situazioni con meno di 100 veicoli a motore all'ora).

1.6.2. Manuale per il rumore stradale (MRS)

Aiuto all'esecuzione per il risanamento, dicembre 2006 ([4], Schgvanin G. und T. Ziegler, pratica ambientale, no. 0637. Ufficio federale dell'ambiente, Berna).

Cap. 4.4 MRS (casi speciali)

Per integrare nella valutazione del rumore l'effetto di disturbo delle manovre di frenata e di accelerazione in corrispondenza di incroci, si possono applicare degli incrementi sottoforma di correzione del livello sonoro K agli incroci dotati di impianti semaforici. Si tratta tuttavia di un supplemento per l'effetto di disturbo e non di una correzione del modello di calcolo.

- Applicazione in casi speciali: una correzione del livello sonoro per incroci con impianto semaforico può essere applicata nelle vicinanze fino a 50 m sottoforma un supplemento per l'effetto di disturbo. La situazione di riferimento è rappresentata da un tratto senza incroci con traffico fluido.

Cap. 4.9 MRS (acustica delle pavimentazioni)

La determinazione del rumore si basa sempre sul rilevamento dello stato attuale.

Per riprodurre nel modo più realistico possibile le condizioni effettive è indicato procedere, dove possibile, a misurazioni foniche per tarare il modello. Le caratteristiche delle pavimentazioni devono essere definite nell'ambito della modellizzazione globale del calcolo fonico.

- Secondo il manuale per il rumore stradale gli influssi delle pavimentazioni sono da considerare come incrementi o riduzioni rilevanti del livello sonoro in ambito delle emissioni sonore.

Conclusione:

Nell'OIF e nel MRS il livello energetico medio non è l'unica grandezza, che permette di descrivere la percezione degli eventi sonori.

Nel MRS, per gli incroci con impianti semaforici, può essere considerata una correzione del livello sonoro ai sensi di un incremento per l'effetto di disturbo.

1.7 Obiettivi dell'esecuzione unitaria

Per poter trattare in modo chiaro e consistente situazioni speciali inerenti la determinazione e la valutazione del rumore stradale è opportuno precisare e completare l'aiuto all'esecuzione attuale (MRS). Un'esecuzione unitaria nella valutazione di tali situazioni speciali offre agli ingegneri, ai committenti di lavori edili e alle autorità di esecuzione una sicurezza nella pianificazione, nell'applicazione dell'OIF, nel dimensionamento dei provvedimenti, come pure per l'inoltro e l'evasione di domande di costruzione.

2. Procedura generale

Di fondamentale importanza è la differenziazione rigorosa tra le correzioni per considerare l'influsso sul livello sonoro (a livello di emissioni p.es. prodotte dalle pavimentazioni stradali) e l'effetto di disturbo percepito soggettivamente (a livello di immissioni).

La procedura generale per tener conto dell'effetto dell'asfalto e dell'effetto di disturbo in corrispondenza di incroci e rotatorie stradali comprende le seguenti fasi di lavoro:

- 1) Determinare i volumi di traffico (TGM)
- 2) Verificare il campo d'applicazione (vedi restrizioni al capitolo 1.3)

3) Determinare o calcolare gli effetti sul livello sonoro a livello di emissioni con StL 86+ (secondo VSS 2009/201, vedi anche capitolo 3).

4) Considerare a livello di emissioni l'effetto sonoro delle pavimentazioni in prossimità di incroci e rotatorie (secondo il capitolo 4).

5) Determinare le immissioni foniche.

6) Tener conto dell'effetto di disturbo alle immissioni (secondo il capitolo 5).

3. Modellizzazione di incroci e rotatorie stradali

In base allo studio VSS 2009/201 [3] gli incroci e le rotatorie stradali vengono modellizzati nel modo seguente:

- Incroci (con o senza IS): modellizzazione con StL 86+.
- Rotatorie: modellizzazione con StL 86+ considerando una velocità di 30 km/h nella rotatoria e nei tratti di accesso (fino a 25 m dalla corsia di transito nella rotatoria). L'appendice 1 mostra questa situazione.

In alternativa, p.es. in caso di trasformazioni, gli effetti sui livelli sonori possono esseri stimati anche

con i seguenti incrementi e riduzioni sonore (vedi anche appendici 2+3). Si rinuncia ad applicare una riduzione sonora per gli incroci in un raggio di distanza tra i 25 e i 50 m.

Differenza del livello sonoro delle emissioni rispetto a tratte senza incroci secondo lo studio VSS 2009/201 [dB]

	Distanza [m]		
	< 25	25-50	> 50m
Incrocio	+0.5	-	-
Rotatoria	-1.0	-1.0	-

4. Effetto della pavimentazione (correzione all'emissione)

4.1 Applicazione della correzione

Se le caratteristiche acustiche della pavimentazione in un incrocio o in una rotatoria e nei tratti stradali di accesso differiscono dalla pavimentazione del tratto adiacente, bisogna tenerne conto nel calcolo dei rumori.

In linea di principio per ogni tipologia di pavimentazione e classe di velocità si devono inserire i valori specifici (nominali) della pavimentazione stabiliti nell'allegato 1b del MRS [4]. In caso di rinnovo della pavimentazione, di regola, i segmenti delle emissioni vengono separati e considerate le rispettive correzioni.

Questi valori tuttavia si riferiscono alla situazione con traffico fluido. A causa dello stile di guida negli incroci e nelle rotatorie come pure per le forze radiali che agiscono all'interno della rotatoria l'effetto acustico della pavimentazione è differente per queste situazioni.

Per tenere in considerazione il differente effetto della pavimentazione si applica una correzione all'emissione fino a una distanza di 25 m dal punto d'intersezione delle carreggiate (per gli incroci dal punto d'intersezione delle carreggiate; per le rotatorie dalla corsia di transito più prossima).

4.2 Variazione dell'effetto della pavimentazione

L'effetto acustico della pavimentazione nelle vicinanze di incroci e di rotatorie viene indicato nella seguente tabella come percentuale del valore nominale della pavimentazione su un tratto stradale senza incroci.

	Distanza dall'incrocio / rotatoria	Effetto pavimentazione
Tratto senza incroci	> 25m	100%
Incrocio e rotatoria	≤ 25 m	60%

Ciò significa che una pavimentazione in beton con valore nominale di +4 dB (valido per un tratto stradale senza incroci) per gli incroci e le rotatorie stradali viene considerato con +2.4 dB. I dettagli sono visibili nel rapporto «Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Einfluss des Strassenbelags» (Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit, 2015, [5]).

5. Effetto di disturbo (correzione all'immissione)

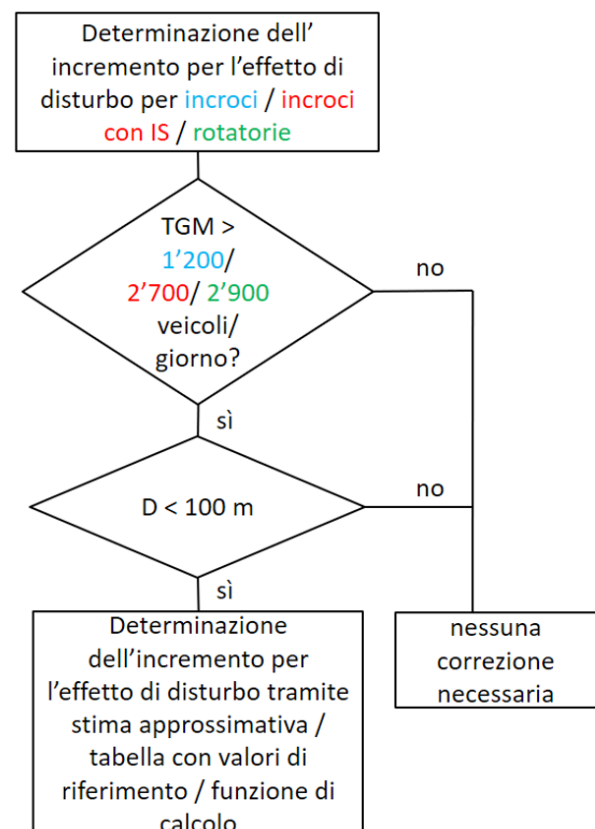
5.1 Applicazione della correzione

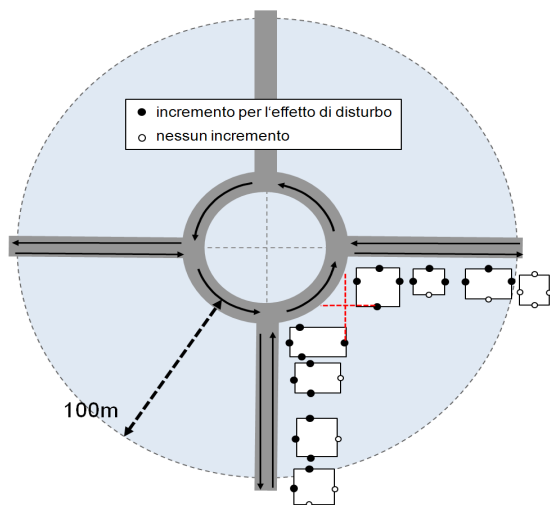
Il disturbo sonoro in prossimità di incroci e di rotatorie differisce spesso da quello percepito lungo i tratti senza incroci. Siccome esso non viene rilevato con il livello energetico medio, può tuttavia essere preso in considerazione applicando incrementi acustici alle immissioni.

La correzione per l'effetto di disturbo viene applicato per gli incroci fino ad una distanza D di 100 m a partire dal punto d'intersezione delle carreggiate; per le rotatorie fino a una distanza di 100 m a partire dalla corsia di transito nella rotatoria più prossima. La seguente verifica può essere applicata, al fine di stimare se un incremento per l'effetto di disturbo è determinabile.

L'applicazione delle correzioni avviene a dipendenza della distanza come previsto nel manuale MRS (capitolo 4.4, casi speciali):

- Misurazione della distanza: per gli incroci dal punto d'intersezione delle carreggiate; per le rotatorie a partire dalla corsia di transito nella rotatoria più prossima.
- L'incremento viene aggiunto una sola volta (nel raggio d'azione di più incroci e/o rotatorie, si applica il fattore di correzione più elevato).





Applicazione per facciate „toccate” dal rumore e facciate non rivolte verso la fonte.

- Tutti i punti di ricezione su facciate di edifici che si trovano in un raggio di 100 metri ricevono un incremento se la fonte è visibile (vedi figura). Per gli edifici con lunghe facciate è richiesto un approccio speciale, per cui ci si può scostare da questa regola (vedi capitolo 5.5).
- Le facciate non rivolte verso la fonte di rumore sono soggette all'incremento soltanto se la fonte è visibile (linee rosse nella figura).
- Per gli incroci con semafori, che vengono spenti durante il periodo notturno (luce gialla lampeggiante) si consiglia un'impostazione differenziata per il periodo diurno e notturno (p.es. applicazione della correzione per incroci con impianti semaforici nel periodo tra le 06.00 e le 22.00 rispettivamente applicazione della correzione per incroci nel periodo tra le 22.00 e 06.00).

Oltre che dalla distanza D la correzione dipende anche dal volume del traffico (TGM sull'asse principale). Di regola è determinante il TGM più elevato di tutti i segmenti stradali.

A dipendenza del grado di precisione necessario si possono applicare tre procedimenti per determinare la correzione:

- 1) Stima approssimativa (capitolo 5.2)
- 2) Tabella con i valori di riferimento secondo la distanza e il TGM (capitolo 5.3)
- 3) Funzione di calcolo (capitolo 5.4)

Al capitolo 5.5 sono inoltre indicate alcune applicazioni pratiche. I dettagli relativi alla determinazione degli incrementi per l'effetto di disturbo sono elencati nel rapporto «Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Lästigkeit und Störwirkung» (Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit, 2015, [2]).

All'appendice 3 viene indicato un esempio d'applicazione per valutare una situazione concreta.

5.2 Stima approssimativa

Una stima approssimativa dell'effetto di disturbo in prossimità di incroci e di rotatorie si può ottenere utilizzando le seguenti tabelle. Si tratta di valori arrotondati a numeri dimezzati e interi, che corrispondono all'effetto massimo di disturbo attendibile. Per casi critici si consiglia l'utilizzo della funzione secondo il capitolo 5.4 che permette una determinazione più dettagliata degli incrementi per l'effetto di disturbo.

Stima approssimativa: Incremento per l'effetto di disturbo (dB) per incroci

TGM [veicoli/ giorno]	Distanza D [m]		
	< 50	50-100	> 100
≤ 3000	0.5	0.5	0
> 3000	1	0.5	0

Stima approssimativa: Incremento per l'effetto di disturbo (dB) per incroci con impianti semaforici

TGM [veicoli/ giorno]	Distanza D [m]		
	< 50	50-100	> 100
≤ 3000	0.5	0.5	0
> 3000	2	1	0

Stima approssimativa: Incremento per l'effetto di disturbo (dB) per rotatorie stradali

TGM [veicoli/ giorno]	Distanza D [m]		
	< 50	50-100	> 100
≤ 4000	0.5	0.5	0
> 4000	1.5	1	0

5.3 Tabella con i valori di riferimento secondo la distanza e il TGM

In base alle tabelle presentate nel presente capitolo si possono stimare le correzioni per l'effetto di disturbo tramite una procedura semplificata per rispettivamente cinque valori rappresentativi di TGM e quattro distanze per ogni tipologia di incrocio stradale.

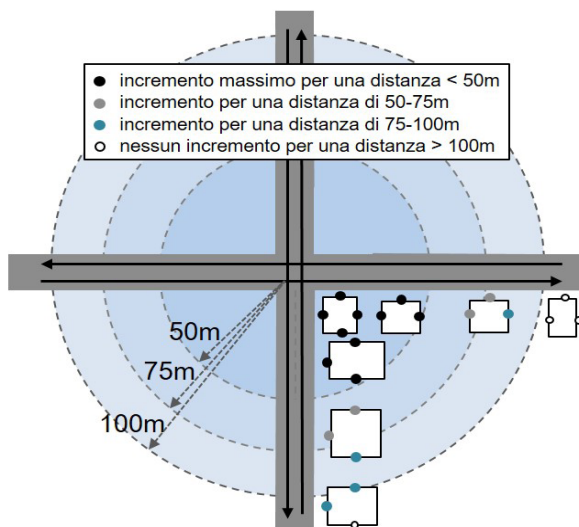
Osservazioni:

- I valori si basano su calcoli eseguiti tramite la funzione descritta nel capitolo 5.4. In ogni caso si parte dai valori più critici.
- Per casi critici si consiglia una determinazione più dettagliata degli incrementi per l'effetto di disturbo attraverso l'utilizzo della funzione secondo il capitolo 5.4.

5.3.1. Incroci

Incremento per l'effetto di disturbo S (dB) per incroci

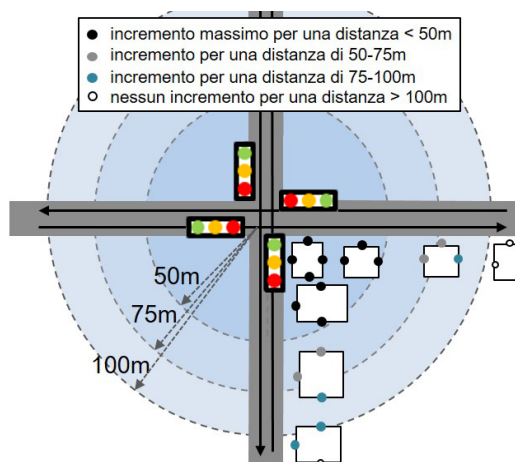
Distanza D [m]	TGM [veicoli/giorno]				
	< 1200	1200-2000	2000-3000	3000-4000	> 4000
< 50	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
50-75	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
75-100	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3
> 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



5.3.2. Incroci con IS

Incremento per l'effetto di disturbo S (dB) per incroci con impianti semaforici

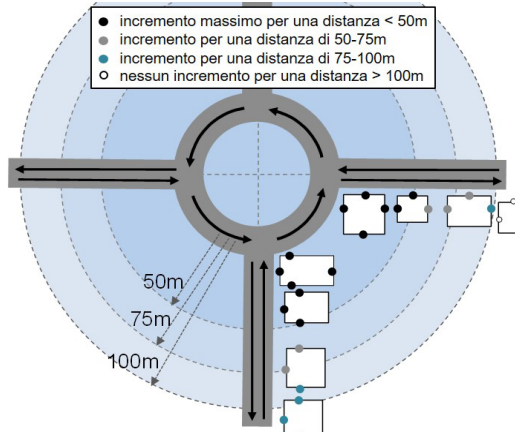
Distanza D [m]	TGM [veicoli/giorno]				
	< 2700	2700-3000	3000-3500	3500-4000	> 4000
< 50	0.0	0.4	1.0	1.7	2.2
50-75	0.0	0.3	0.7	1.1	1.5
75-100	0.0	0.1	0.3	0.6	0.7
> 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



5.3.3. Rotatorie

Incremento per l'effetto di disturbo (dB) per rotatorie

Distanza D [m]	TGM [veicoli/giorno]				
	< 2900	2900-4000	4000-5000	5000-6000	> 6000
< 50	0.0	0.5	0.9	1.3	1.5
50-75	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0
75-100	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5
> 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



5.4 Funzione di calcolo

Le correzioni (S =incremento in dB) possono essere calcolate applicando la seguente funzione di calcolo:

$$S(TGM, D) = g(TGM) \cdot h(D) \quad \text{con}$$

$$g(TGM) = \begin{cases} 0 & TGM < TGM_0 \\ (TGM - TGM_0) / (TGM_1 - TGM_0) & TGM_0 \leq TGM \leq TGM_1 \\ 1 & TGM > TGM_1 \end{cases}$$

$$h(D) = \begin{cases} S_0 & D < D_1 \\ a + b \cdot D & D_1 \leq D \leq D_2 \\ 0 & D > D_2 \end{cases}$$

con $a = S_0 \cdot D_2 / (D_2 - D_1)$ $D_1 = 25$
 $b = -S_0 \cdot 1 / (D_2 - D_1)$ $D_2 = 100$

I parametri TGM_0 (soglia inferiore di percezione del disturbo), TGM_1 (TGM al raggiungimento dell'effetto massimo di disturbo massimo) e S_0 (effetto di disturbo massimo) sono illustrati per le rispettive tipologie di incroci nella seguente tabella. La funzione di calcolo permette una regolazione più dettagliata in base alla distanza considerata. In base allo studio [1] bisogna partire da una distanza D_1 di circa 25 metri con un effetto sonoro massimo.

	Incrocio	Incrocio con IS	Rotatoria
TGM_0 [veicoli/giorno]	1200	2700	2900
TGM_1 [veicoli/giorno]	4200	4400	6500
S_0	1.0	2.2	1.5

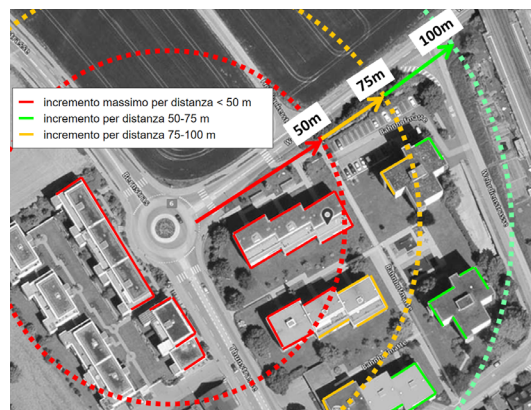
5.5 Applicazioni pratiche

Di seguito è indicata l'applicazione della correzione per alcuni esempi pratici tramite l'impiego delle tabelle del capitolo 5.3.

Avvertenza: i casi speciali vanno valutati individualmente. In caso di dubbi si consiglia di effettuare un sopralluogo, al fine di accertare se la correzione per l'effetto di disturbo al punto d'immissione in questione sia necessaria.

A) Case plurifamiliari / case a schiera con più indirizzi:

A differenti indirizzi si possono applicare differenti correzioni a dipendenza della distanza.



B) Edifici con lunghe facciate:

Si consiglia di adottare delle correzioni differenti anche nell'ambito di un solo indirizzo.



C) Case plurifamiliari con un indirizzo:

Si considerano correzioni unitarie (le varie unità abitative all'interno di un edificio non vengono differenziate)



D) Grattacieli:

Partendo da un angolo d'elevazione $> 40^\circ$ bisogna utilizzare la distanza d'inclinazione.



Applicazione a oggetti specifici:

- Case a schiera/palazzi: bisogna considerare l'indirizzo (figure A, C)
- Per gli edifici con lunghe facciate (p.es. palazzi amministrativi con lunghezza
- > 50 m, figura B) si consiglia tuttavia una suddivisione all'interno di ogni indirizzo.
- Grattacieli (figura D): secondo «il modello per il rumore del traffico stradale per le regioni urbane», [6] per un angolo d'elevazione superiore ai 40° bisogna utilizzare la distanza d'inclinazione.

Applicazione a situazioni specifiche - Delimitazione del perimetro d'esame:

A seconda del problema le correzioni possono essere applicate differentemente:

- Nell'ambito di una visione globale dei rumori con fonti sonore principali e secondarie (p.es. strade nazionali e cantonali) la correzione per l'effetto di disturbo si applica solo se l'incrocio/la rotatoria appartiene alla fonte di rumore predominante. In caso di dubbi si consiglia di effettuare un sopralluogo, al fine di accertare se la correzione per l'effetto di disturbo al punto d'immissione in questione sia necessaria (fluttuazioni dei livelli sonori chiaramente udibili).
- Nell'ambito di progetti di risanamento fonico (PRF): di regola si calcola il punto più esposto al rumore per ogni edificio al quale si applica la rispettiva correzione per l'effetto di disturbo sonoro.
- Calcoli del catasto del rumore: di regola vengono eseguiti con una procedura automatica (p.es. calcoli tramite GIS, considerando la correzione per l'effetto di disturbo mediante la funzione di calcolo secondo il capitolo 5.4).

6. Documentazione complementare

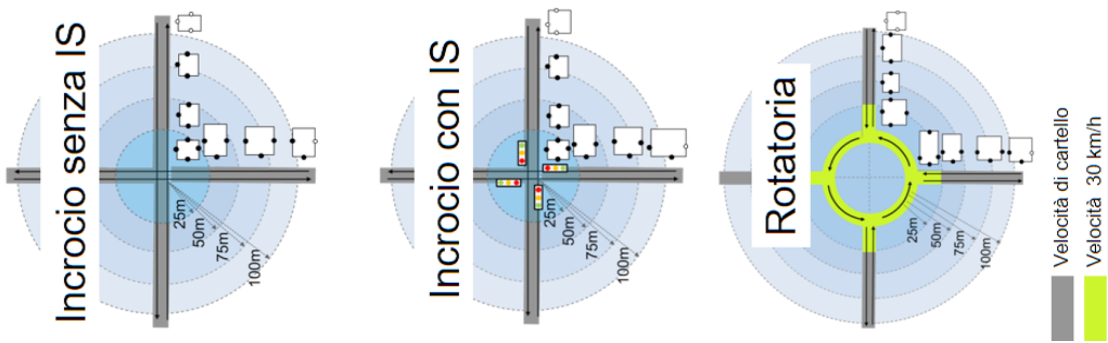
6.1 Bibliografia

- [1] Papenfus T., Fiebig A., Genuit K. (2011): Akustische Auswirkungen von Lichtsignalanlagen und Kreisverkehren, Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 02.298/2008/LRB des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Wirtschaftsverlag N. W. Verl., Bremerhaven.
- [2] Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit (2015): Zusammenfassender Grundlagenbericht Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Lästigkeit und Störwirkung.
- [3] Stauber M., Näf S., Bühlmann E., Conrad S., Ziegler T. (2015): Lärmauswirkungen von Knoten und Kreiseln, VSS 2009/201.
- [4] Schgüanin G. und T. Ziegler (2006): Manuale per il rumore stradale. Aiuto all'esecuzione per il risanamento Stato: dicembre 2006. Pratica ambientale No. 0637-I, Ufficio federale dell'ambiente, Berna.
- [5] Grolimund + Partner AG, Cercle Bruit (2015): Zusammenfassender Grundlagenbericht Lärmauswirkung von Knoten und Kreiseln, Einfluss des Strassenbelags.
- [6] Balzari & Schudel, Grolimund & Petermann (1988): Strassenverkehrslärmmodell für überbaute Gebiete. Schriftreihe Umweltschutz Nr. 15. Herausgegeben vom Bundesamt für Umweltschutz, Bern.

Appendice 1: Modellizzazione di incroci e rotatorie stradali

Nell'ambito della modellizzazione di incroci e di rotatorie stradali si tiene in considerazione il sistema base di modellizzazione come pure l'effetto acustico della pavimentazione (per le emissioni) e l'effetto di disturbo (per le immissioni).

Livello sonoro secondo VVS 2009/201 (sistema base di modellizzazione) Modello STL86+	Correzione delle emissioni per l'effetto della pavimentazione secondo il cap. 3				Correzione delle immissioni per l'effetto di disturbo secondo il cap. 5.3									
	Tipologia di pavimentazione				Traffico (TGM massimo per tutte i segmenti stradali in veicoli/giorno)									
	SDA4	SDA 8	SMA8	Cemento lavato fono-assorbente	Cemento levigato	≤ 1200	1200- 2000	2000- 3000	3000- 4000	> 4000				
	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB				
	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3				
						≤ 2700	2700- 3000	3000- 3500	3500- 4000	> 4000				
	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB				
	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.4	1.0	1.7	2.2				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.4	1.0	1.7	2.2				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.7	1.1	1.5				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.1	0.3	0.6	0.7				
						≤ 2900	2900- 4000	4000- 5000	5000- 6000	> 6000				
	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB				
	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4	0.0	0.5	0.9	1.3	1.5				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.5	0.9	1.3	1.5				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.3	0.6	0.9	1.0				
	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5				



Appendice 2: Valutazione dell'effetto sonoro nell'ambito di lavori di trasformazione

Per valutare gli effetti sonori (considerazione delle differenze del livello sonoro) nell'ambito di lavori di trasformazione, p.es. di un incrocio con impianto semaforico in una rotonda stradale si devono considerare i seguenti fattori di correzione sonori.

	Livello sonoro secondo VS 2009/201 (considerazione della differenza) in dB	Correzione delle emissioni per l'effetto della pavimentazione secondo il cap. 3						Correzione delle immissioni per l'effetto di disturbo secondo il cap. 5.3									
		Tipologia di pavimentazione						Traffico (TGM massimo per tutte i segmenti stradali in velocità/giorno)									
		SDA4	SDA 8	SMA8	Cemento lavato fono-assorbente	Cemento levigato		≤ 1200	1200-2000	2000-3000	3000-4000	> 4000					
Tratto stradale senza incroci	-	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB		±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB					
	0.5	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4		0.0	0.3	0.6	0.9	1.0					
	0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.3	0.6	0.9	1.0					
	0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.2	0.4	0.6	0.7					
	0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.1	0.2	0.3	0.3					
Tratto stradale senza incroci	-	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB		±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB					
	0.5	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4		0.0	0.4	1.0	1.7	2.2					
	0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.4	1.0	1.7	2.2					
	0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.3	0.7	1.1	1.5					
	0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.1	0.3	0.6	0.7					
Tratto stradale senza incroci	-	-3 dB	-1 dB	+1 dB	+2 dB	+4 dB		±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB	±0 dB					
	-1.0	-1.8	-0.6	0.6	1.2	2.4		0.0	0.5	0.9	1.3	1.5					
	-1.0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.5	0.9	1.3	1.5					
	0.0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.3	0.6	0.9	1.0					
	0.0	-3.0	-1.0	1.0	2.0	4.0		0.0	0.2	0.3	0.4	0.5					

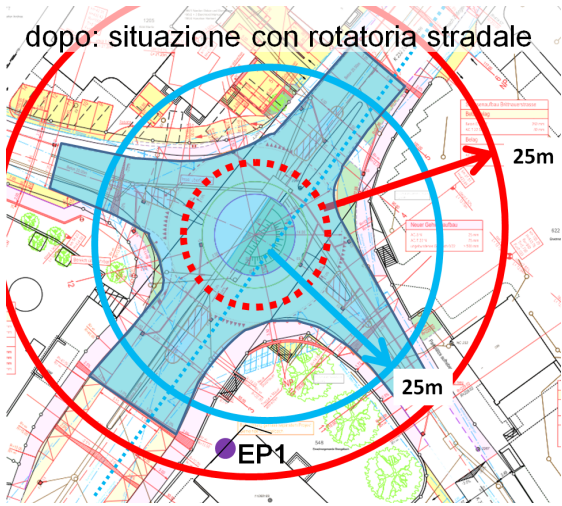
Incrocio senza IS

Incrocio con IS

Rotatoria

Appendice 3: Esempio

Valutazione degli effetti sonori per il punto di ricezione EP 1 nell’ambito di lavori di trasformazione di un incrocio (prima) in una rotatoria stradale (dopo).



	Situazione	TGM [veicoli/ giorno]	Distanza D [m]	Pavimentazio- ne	Correzioni [dB]					
prima	Incrocio	3'500	il ricettore EP1 si trova a 33 m dal punto di intersezione delle carreggiate stradali	ovunque SMA 8 (+1 dB d'effetto)	Differenza di livello sonoro* in rapporto ai tratti stradali senza incroci secondo VSS 2009/201	Effetto sonoro della pavimenta- zione secondo il cap. 3	Effetto del livello sonoro totale	Effetto di disturbo		Totale incl. effetto di disturbo
					0	+1.0	+1.0	Tramite stima approssima- tiva secondo cap. 4.2	+1	+2.0
								Secondo tabella cap. 4.3	+0.9	+1.9
								Secondo funzione di calcolo cap. 4.4	+0.7	+1.7
dopo	Rotatoria	3'500	il ricettore EP1 si trova a una distanza 0-25 m dalla corsia di transito più prossima nella rotatoria	Cemento levigato entro il settore blu, SDA4 negli altri settori	-1.0	+2.4	+1.4	Tramite stima approssima- tiva secondo cap. 4.2	+0.5	+1.9
								Secondo tabella cap. 4.3	+0.5	+1.9
								Secondo funzione di calcolo cap. 4.4	+0.25	+1.65

* Calcolo mediante incrementi/riduzioni sonori secondo capitolo 3 (vedi anche appendice 2)