

Lo scavo dei servizi a rete nella quasi totalità delle città italiane avviene ancora a cielo aperto, con tutti i pesanti disagi per il soprasuolo che sono noti. Il mercato offre da anni alternative tecnologiche in grado di fare le stesse cose senza gli stessi disagi, che pur tuttavia non riescono a decollare come si vorrebbe. È solo una questione di costi? L'articolo, nelle pagine a seguire, riporta integralmente la metodologia per l'analisi dei costi indiretti generalizzati e il Calcolo degli oneri di concessione relativo ad interventi sulle reti tecnologiche interrati.

Metodologia IGC

Renzo Chirulli
ingegnere

La quasi totalità dei servizi a rete, in ambito urbano, si sviluppa oggi nel sottosuolo, tanto che si parla ormai di una città sotto la città. Se è vero che nel sottosuolo si concentrano tutti quei servizi che permettono ad una città di funzionare, è altrettanto vero che questo spazio così vitale ed importante, non è stato sinora oggetto di alcuna effettiva ed efficace pianificazione e regolamentazione.

La conseguenza è che il sottosuolo urbano è oggi pressoché sconosciuto e significativamente e disordinatamente affollato di tubazioni, canali, cavi e sottostrutture, e gli interventi, sempre più frequenti e massicci sulle reti, si svolgono causando pesanti ed intollerabili interferenze con il soprasuolo, ed in particolare con le strade.

Percorrendo le strade di una qualsiasi città, è estremamente pro-

babile imbattersi in cantieri che si sviluppano, con estesi scavi a cielo aperto, lungo la carreggiata o lungo i marciapiedi. Esistono tuttavia tecnologie innovative (le così dette tecnologie No-Dig o Trenchless), diffusamente impiegate in altri Paesi, che possono permettere di fare le stesse cose senza generare quella moltitudine di disagi che le nostre città vivono molto spesso a causa degli scavi a cielo aperto.

Tuttavia non si tratta solo di una questione di tecnologia, ma anche, e forse soprattutto, di una questione di pianificazione e di strumenti di gestione del sottosuolo e delle attività che in esso hanno luogo. Ci si chiede allora perché città come

Milano, Roma, Torino, Napoli e come queste, tante altre città italiane, non affrontino la gestione del sottosuolo e delle reti interrati con strumenti più all'avanguardia, favorendo anche il ricorso a tecnologie più innovative e meno impattanti di quelle tradizionali con scavo a cielo aperto.

LO SCAVO A CIELO APERTO "COSTA MENO?"

Se questa domanda viene posta a chi amministra le città o le reti, la risposta è "perché costa meno".

Ma è davvero così? È proprio vero che scavare a cielo aperto in piena città per installare un tubo o





un cavo o per fare la manutenzione ad un collettore fognario, senza tra l'altro applicare nessuna vera gestione e pianificazione degli interventi, costi davvero meno di altre soluzioni che non comportano i disagi prodotti dagli scavi a cielo aperto?

La risposta è ovviamente no, per una serie di motivi.

Innanzitutto quando si dice "costa meno" sarebbe opportuno specificare a quali costi ci si riferisce.

Quando si scava una profonda trincea lungo una strada, quell'attività ha delle interferenze e delle conseguenze su altre attività che nulla hanno a che fare con lo scavo. Il traffico subisce delle pesanti e negati-

ve conseguenze, la stessa strada che viene manomessa con lo scavo a cielo aperto, subisce delle conseguenze negative permanenti (nonostante i ripristini), l'aria risulta più inquinata, il rumore aumenta, i rischi per le persone aumentano, il disturbo alle attività commerciali che hanno luogo laddove vengono aperti i cantieri aumenta, il disagio nel suo complesso incrementa, l'immagine della città decade.

Tutti questi impatti negativi si traducono in costi reali ed effettivi, che nessuno tuttavia valuta nel bilancio che riguarda l'apertura di una trincea lungo una strada.

Ma guardiamo ancora una volta agli scavi a cielo aperto, per ca-

pire come questa soluzione comporti dei costi che non vengono affatto valutati, ricadendo poi sulla collettività che se ne deve fare carico a vario titolo.

Abbiamo appena detto che quando una strada viene scavata a tutta lunghezza subisce un danno irreversibile, che neanche un ripristino a regola d'arte è in grado di eliminare.

Infatti per scavare una trincea, si asporta il materiale base del corpo stradale, tra cui lo strato di fondazione (che è quello che contribuisce in maggior misura alla cosiddetta "portanza" della pavimentazione, ovvero la capacità di sopportare i carichi originati dal traffico stradale). Viene quindi posata ad esempio una tubazione, e poi riempito lo scavo con opportuno materiale di riempimento.

La compattazione del materiale di riempimento quasi mai può essere spinta sino al grado di costipamento che possedeva la fondazione stradale prima di essere scavata, e questo per due motivi fondamentali: innanzitutto al fondo dello scavo viene posata una tubazione, sulla quale non può essere trasferita l'energica azione di compattazione del terreno che servirebbe per ricostruire la fondazione ed il sottofondo stradale, e questo ovviamente per evitare di rompere il tubo appena posato; inoltre è stato più volte dimostrato che è impossibile ottenere una compattazione ottimale del materiale di riempimento operando attraverso la sezione ristretta dello scavo, a causa della larghezza limitata dello scavo stesso rispetto alla sua profondità ed all'estensione del corpo stradale.

Tutto questo, apparentemente molto tecnico, si traduce al contrario in una conseguenza che è sotto gli occhi di tutti: le strade urbane sono disseminate di avvallamenti, buche, rigonfiamenti che ne fanno decadere notevolmente le caratteristiche di sicurezza e di comfort, nonché l'immagine.

Ci chiediamo allora: il costo di tutto questo su chi ricade?

Altra osservazione è che nella



logica dei lavori eseguiti al minor costo possibile, i ripristini, già intrinsecamente insufficienti, vengono fatti senza rispettare molte o tutte le regole contenute nei capitoli, con la conseguenza di aggravare ulteriormente il malandato quadro delle strade urbane.

Se a tutto ciò si aggiunge che nel già provato quadro della finanza pubblica, vengono a mancare per molti Comuni le risorse necessarie a procedere alla necessaria manutenzione straordinaria delle strade urbane, ne emerge un quadro preoccupante, nel quale in molti scavano ma nessuno è in grado di ripristinare le strade riportandole al loro stato originario.

Pertanto l'unico motivo per il quale lo scavo a cielo aperto viene oggi considerato come la soluzione più economica è solo perché si trascurano tutta una serie di altri costi significativi e in più perché i lavori di scavo e ripristino sono quasi sempre di qualità così scadente da costare gioco forza di meno.

Il risultato è che si continua a non gestire il sottosuolo urbano, e con esso le strade urbane, e quando

si interviene su di esso lo si fa con strumenti obsoleti, rudimentali e costosi per la collettività.

LA NORMATIVA IN VIGORE

Eppure esistono già alcuni strumenti legislativi che dovrebbero indirizzare verso una razionalizzazione dell'uso del sottosuolo, come la direttiva del 3 marzo 1999, del Ministero dei Lavori Pubblici, in materia di "Razionale Sistemazione nel Sottosuolo degli Impianti Tecnologici"; direttiva rimasta sostanzialmente sconosciuta, ignorata e disattesa.

La Regione Lombardia si è dotata, prima fra tutte le regioni Italiane, di una nuova legge quadro (la n. 26 del 12/12/2003) che tra le altre cose dovrebbe anche regolamentare il sottosuolo (ispirandosi alla direttiva 3/3/99). Tuttavia si è ancora in attesa che vengano emanati i necessari regolamenti attuativi.

Di contro sono intervenuti dispositivi di legge che viaggiano esattamente nella direzione contraria, come il "Codice delle co-

municazioni elettroniche", che di fatto sottrae ai Comuni la possibilità di esigere oneri aggiuntivi alla COSAP, in occasione di lavori eseguiti sulle reti di telecomunicazione.

C'è da attendersi che come per il precedente decreto Gasparri 198/2002, gli effetti del Codice delle Comunicazioni possano essere estesi anche ad altre tipologie di reti interrate, con il risultato che un Comune nulla potrà esigere, eccettuata la COSAP, se vari gestori decideranno di scavare per tutta lunghezza le strade comunali per installare le proprie reti.

Il risultato è sconcertante: invece di regolamentare la gestione del sottosuolo (che è una ulteriore dimensione territoriale locale) e di favorire il ricorso a strumenti e metodologie di lavoro che rendano gli interventi sul sottosuolo urbano meno gravosi per la città e per i cittadini, si preferisce di fatto deregolamentare del tutto il sottosuolo lasciando campo aperto all'uso delle tecnologie e delle modalità esecutive più rudimentali ed impattanti, solo perché costano apparentemente meno per chi le utilizza. E la parola "apparentemente" va sottolineata con particolare enfasi, perché se solo i ripristini stradali fossero eseguiti a regola d'arte, costerebbero probabilmente il doppio se non il triplo di quanto oggi vengono mediamente pagati dagli enti appaltanti.

Il risultato di tutto questo è che la maggior parte dei Comuni oltre a ritrovarsi con le strade a "colabrodo" non ha neanche la possibilità, attraverso un opportuno ed auspicabile sistema di oneri concessori, di procurarsi i mezzi finanziari per ripristinare opportunamente quelle strade.

Il controsenso è che questo sviluppo delle reti che dovrebbe essere motivato da un generale innalzamento del livello di benessere e qualità della vita, viene promosso attraverso strumenti e metodologie che abbattano il livello di benessere e di qualità della

vita. Una contraddizione inaccettabile sia da un punto di vista puramente concettuale che economico.

Ed infatti il peggior risultato di questa impostazione viene raccolto sul piano economico generalizzato, dal momento che il "bilancio generalizzato", tenendo conto di costi che sopportano altri soggetti economici del sistema città (o territorio), appare in generale negativo.

La strada dissestata rappresenta un costo, che ricadrà sul proprietario della strada (Comune, Provincia, Anas, ecc.); la congestione del traffico, e quindi tempo lavorativo perso, maggior carburante consumato, maggiore disagio, verrà pagata dai cittadini; il minor fatturato delle attività commerciali (bar, ristoranti, negozi, ecc) disturbate dalla presenza e dall'attività dei cantieri di scavo a cielo aperto, verrà pagata dai

commercianti. In tutto questo chi effettua i lavori non paga nulla, anzi al termine dei lavori, quando il servizio a rete entrerà in esercizio, produrrà un profitto a vantaggio di un capitale che sempre più spesso è privato.

VALUTAZIONE DEI COSTI GENERALIZZATI

Ecco perché negli anni si sono moltiplicati gli studi per la valutazione dei così detti "costi generalizzati", ed in particolare dei costi indiretti legati all'apertura ed all'attività di cantieri lungo le strade urbane.

Per costo indiretto si intende un costo che pur essendo originato dalla presenza e dell'attività del cantiere, non ha effetto direttamente sull'economia del cantiere (e quindi sulla sua contabilità) ma su componenti dell'ambiente urbano, ove il cantiere si inserisce ed opera. Gli

effetti negativi sulla mobilità, sulla qualità delle strade, sull'atmosfera, sul reddito, sulla sicurezza e sul benessere si traducono in costi indiretti.

Per anni i costi indiretti sono stati sostanzialmente trascurati, attribuendogli una sostanziale indeterminatezza o intangibilità. Di fatto questi costi sono per la maggior parte identificabili e valutabili monetariamente, e questo apre la strada ad un nuovo concetto, quello della minimizzazione del costo generalizzato.

Finora la tendenza è stata quella di privilegiare la minimizzazione del costo di costruzione. Si fa quello che costa meno in termini di materiali, mezzi d'opera e lavorazioni, con il risultato che i lavori sono scadenti ed impattanti e nessuno dei soggetti economici coinvolti ne trae un vantaggio reale e duraturo, tranne forse il soggetto finanziatore da un punto di vista mera-





mente contabile.

Un lavoro scadente è un danno per chi lo commissiona, per chi investe, per chi lo esegue per chi ne fruisce. Un esempio? Una condotta idrica costruita seguendo la logica del massimo ribasso. Il risultato: la costruzione della condotta verrà eseguita, dopo un'aggiudicazione basata su un meccanismo di ribasso economico, diventato ormai indecente nella pratica reale, utilizzando i materiali più scadenti (perché meno costosi), il personale più economico (perché spesso privo di qualifiche o peggio ancora perché assunto in nero), le tecnologie di lavoro più rudimentali, i mezzi d'opera più economici, le procedure più sbrigative. L'impresa che ha eseguito i lavori opera con margini irrisori, spesso sotto costo, e peggior sorte tocca agli eventuali subappaltatori. Il capitale investito si è trasformato in un'opera scadente. I proprietari della strada si ritrovano una pavimentazione in pessime condizioni con serie prospettive di peggioramento. Durante l'esecuzione dei lavori la collettività ha sopportato dei disagi e dei costi che nessuno ripagherà.

Il bilancio complessivo o "generalizzato" è sicuramente e pe-

santemente negativo.

Calcolare i costi indiretti generalizzati costituisce quindi un modo per valutare gli effetti prodotti da differenti modalità esecutive utilizzabili per l'esecuzione dello stesso lavoro.

In altri termini la valutazione dei costi indiretti generalizzati apre la strada al confronto tra modalità esecutive alternative.

Ma perché questo confronto possa essere effettivo ed indirizzare verso la scelta delle modalità esecutive che minimizzano il costo generalizzato degli interventi, è necessario che la concessione per l'esecuzione di lavori su reti interraste si leghi al pagamento di oneri proporzionali ai costi indiretti generalizzati, ovvero agli effetti che il cantiere produce sull'ambiente urbano.

Con questa impostazione diventerà più economico eseguire lavori con modalità esecutive meno impattanti (come ad esempio con il No-Dig). Costeranno meno lavori eseguiti con maggiore efficienza e produttività, e verranno penalizzati invece quei cantieri la cui durata si prolunga ingiustificatamente nel tempo.

Verranno premiate la programmazione ed il coordinamento, a dif-

ferenza di ciò che accade oggi per cui la stessa strada viene aperta durante l'anno più e più volte perché a ripetizione e senza coordinamento intervengono sul sottosuolo vari gestori.

Da queste esigenze è nata la metodologia dell'Analisi dei Costi Indiretti Generalizzati o semplicemente IGC (Indirect Generalized Cost analysis).

Si tratta di uno strumento operativo e di immediata utilizzazione che rende possibile la pianificazione e la regolamentazione dell'uso del sottosuolo urbano per quanto attiene i servizi a rete interrati ed in generale le cantierizzazioni che possono aver luogo lungo le strade urbane. Si ispira ai principi contenuti nella direttiva 3/3/99.

Attraverso una preliminare fase di analisi della rete viaria urbana, l'IGC permette di costruire un modello di calcolo che, in funzione: delle modalità esecutive impiegate (tecnologia esecutiva, geometria del cantiere, durata dei lavori) e delle caratteristiche specifiche di ciascuna strada della rete viaria comunale (definite attraverso la geometria, il traffico, la densità di attività commerciali, ecc.), permette di determinare l'onere di concessione dovuto per quel particolare lavoro.

Gli interventi che generano costi indiretti generalizzati inferiori e quindi oneri di concessione inferiori, verranno naturalmente favoriti da questo meccanismo, che in questo esercita la sua attitudine pianificatoria.

Se i lavori si svolgeranno con modalità difforni da quelli autorizzati, ed in particolare dando luogo a costi indiretti maggiori di quelli preventivati, l'IGC permetterà una ricalcolazione degli oneri a consuntivo, consentendo di esercitare con questo un'azione di controllo ed eventualmente sanzionatoria.

Ci auguriamo che quanto proposto attraverso la metodologia IGC possa stimolare una riflessione ed un dibattito sugli strumenti di gestione del sottosuolo urbano oggi del tutto inadeguati per far fronte alle esigenze emergenti.

IGC: ANALISI DEI COSTI INDIRETTI GENERALIZZATI E CALCOLO DEGLI ONERI DI CONCESSIONE PER INTERVENTI SULLE RETI TECNOLOGICHE INTERRATE

Qualsiasi intervento che riguardi le reti tecnologiche interrate produce in generale un effetto sull'ambiente urbano, la cui entità è fortemente condizionata dalle modalità con le quali tale intervento avviene.

Quantificare questi effetti per tradurli in costi, permette di esprimere l'onerosità dell'impatto sull'ambiente urbano di un qualsivoglia intervento.

Questa possibilità di monetizzare gli effetti sull'ambiente urbano, di interventi sulle reti tecnologiche interrate, assume un particolare significato quando gli stessi interventi vengono effettuati da soggetti privati nella logica di un interesse privato, oppure quando esiste la possibilità (quando anche il promotore dell'opera fosse un Ente Pubblico) di operare una scelta tra tecnologie esecutive che producono impatti significativamente diversi tra loro.

Le esternalità che questi interventi producono devono essere monetizzate e contabilizzate, o ai fini di un opportuno calcolo di oneri concessori, oppure ai fini di valutazioni di scelta tra alternative di progetto.

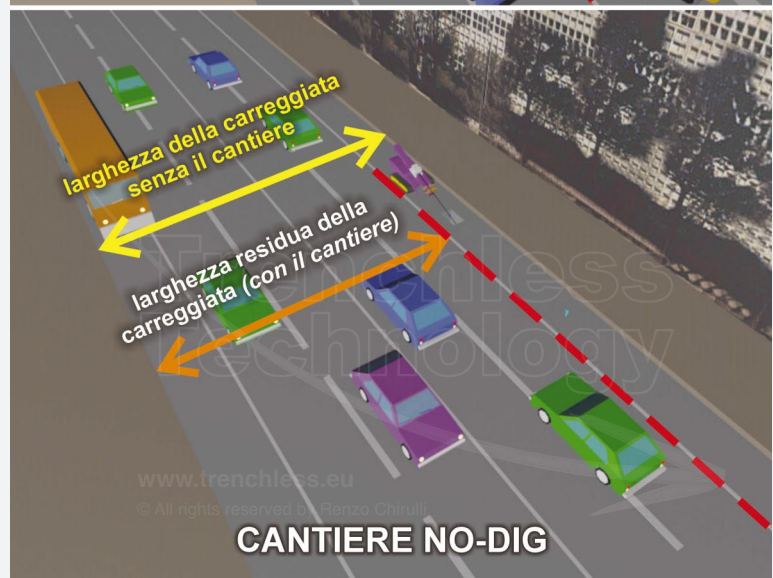
Questo concetto introduce la così detta Analisi dei Costi Indiretti Generalizzati che chiameremo semplicemente IGC (Indirect Generalized Cost analysis). Questo metodo di analisi, sviluppato da R. Chirulli, parte da una metodologia di calcolo proposta nel 1998 da R. Chirulli e A. Caruso. Rivisto ed aggiornato dall'autore, viene proposto in questa forma, per la prima volta.

L'Analisi dei Costi Indiretti Generalizzati permette di monetizzare gli effetti prodotti dalle cantierizzazioni su componenti del sistema urbano quali:

- a) la mobilità,
- b) le attività economiche,
- c) i cittadini,
- d) l'ambiente atmosferico, l'ambiente acustico e l'immagine della città,

calcolando, sulla base di elementi misurabili, l'entità dei costi indiretti originati dalla realizzazione di una data opera. Una volta calcolato il Costo Indiretto Generalizzato (IGC) gli oneri di concessione possono essere determinati proporzionalmente all'IGC.

Questa impostazione favorisce la realizzazione di interventi che tendono a minimizzare gli impatti sull'ambiente urbano, come sancito dalla Direttiva



3/3/99, introducendo il concetto che l'onere dovuto è proporzionale all'entità dei costi indiretti generati. In altri termini più significativi sono gli impatti sull'ambiente urbano, generati dall'esecuzione di determinate opere, seppur di pubblica utilità e seppur promosse da enti pubblici, maggiori dovranno essere gli oneri dovuti per la realizzazione di quelle opere.

La IGC è in perfetta sintonia con i principi che

ispirano la direttiva del 3/3/1999 per la “*Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici*” e potrebbe costituire il motore centrale del PUGSS (Piano Urbano Generale dei Servizi nel Sottosuolo), per quanto riguarda il calcolo degli oneri di concessione.

COSTO INDIRETTO GENERALIZZATO (IGC)

Il Costo Indiretto Generalizzato (IGC), è dato da:

$$IGC = C_i + C_s + C_r + C_a \quad [I]$$

dove:

C_i = costi di interferenza con infrastrutture stradali

C_s = costi sociali;

C_r = costi di rischio;

C_a = costi di impatto ambientale.

Non tutte le componenti del Costo Indiretto Generalizzato vengono calcolate.

In particolare il costo di impatto ambientale non viene calcolato come valore monetario ma rientra in una Valutazione d’Impatto Ambientale Comparativa, che è possibile effettuare solo in presenza di alternative di progetto.

I costi di rischio sono invece legati a statistiche assicurative che sono attualmente in fase di studio.

Risultano invece calcolabili le due componenti di costo C_i e C_s che peraltro rappresentano le più significative sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo.

Nel modello che qui sviluppiamo, l’espressione [I] si riduce quindi alla seguente:

$$IGC = C_i + C_s \quad [II]$$

Esamineremo nel dettaglio le differenti componenti di costo che compaiono nella [II].

Costi di interferenza con infrastrutture stradali

Il costo di interferenza con infrastrutture stradali C_i è dato dall’espressione seguente:

$$C_i = \beta \cdot (C_{mtp} + C_{mc} + C_{tv} + C_{is} + C_{dv}) + C_{pc} \quad [III]$$

dove:

C_{mtp} costo del maggiore tempo di percorrenza sopportato dall’utente;

C_{mc} maggiore costo di carburante sopportato dall’utente;

C_{tv} costi terminali di viaggio aggiuntivi;

C_{pc} costo per l’eventuale perdita delle caratteristiche originarie della infrastruttura viaria;

C_{is} costo sociale degli incidenti stradali;

C_{dv} discomfort di viaggio sopportato dall’utente;

β = coefficiente moltiplicativo dipendente dalla na-

tura dell’opera.

Esaminiamo nel dettaglio i termini che compaiono nella [III].

• C_{mtp} costo del maggiore tempo di percorrenza sopportato dall’utente

Questa componente di costo è proporzionale al prodotto del ritardo medio, sul percorso di viaggio, causato, su un dato tronco stradale, dalla presenza del cantiere (perturbazione esogena temporanea), per il numero di veicoli interessati dal ritardo durante il periodo di presenza del cantiere su quel dato tronco stradale.

Dipende quindi, oltre che dalle caratteristiche geometriche della strada e del cantiere, anche dal traffico che normalmente si svolge su quel dato tronco stradale, dalla capacità del sistema in presenza della perturbazione e naturalmente dalla durata della cantierizzazione, o in altri termini dalla produttività e dall’efficienza delle modalità di lavoro in cantiere.

Il costo del maggiore tempo di percorrenza sopportato dall’utente è dato da:

$$C_{mtp} = V_{amt} \cdot R_M \cdot N_V \quad [IV]$$

dove:

V_{amt} valore monetario medio aggregato dell’unità di tempo (euro/min);

R_M ritardo medio sul percorso di viaggio causato dalla presenza del cantiere;

N_V numero totale di veicoli affetti dal ritardo R_M durante la cantierizzazione.

Esso monetizza il ritardo valutando il minor reddito prodotto dagli utenti della strada, a causa del ritardo stesso. Nel modello di calcolo impiegato, si suppone che solo il 25% degli utenti della strada producano reddito. Inoltre calcolando V_{amt} sulla base del dato ISTAT del 1996 relativo al reddito medio delle famiglie italiane. Ne deriva che:

$$V_{amt} = 0,036 \text{ euro/min}$$

Il calcolo del ritardo medio R_M e del numero complessivo N_V di veicoli affetti dal ritardo R_M viene invece condotto attraverso l’uso di un modello deterministico di circolazione ai nodi, in ipotesi di deflusso in condizioni di sottosaturazione, utilizzando un particolare criterio per la classificazione del tronco stradale e per la caratterizzazione della tecnica esecutiva e della natura dell’opera.

È opportuno approfondire questo aspetto, perché ad esso è legato il concetto che le cantierizzazioni devono svolgersi favorendo interventi che limitino le interferenze con la mobilità e con le attività che hanno luogo sulla superficie, come sancito dalla direttiva del 3/3/99.

È abbastanza intuitivo che la presenza di un cantiere, che riduca la sezione trasversale di una data stra-

da, produce rallentamenti e molto spesso congestione del traffico veicolare. I rallentamenti o la congestione (che significa flusso con frequenti arresti della circolazione) sono dovuti alla temporanea minore capacità della strada, intesa come numero di veicoli che nell'unità di tempo possono transitare attraverso una sezione stradale.

È altrettanto intuitivo che più ampia sarà l'area di interferenza tra cantiere e strada più pesanti saranno gli effetti sulla circolazione.

Ecco perché cantieri di dimensioni ridotte, come quelli che si hanno quando si utilizzano tecnologie di tipo trenchless (o No-Dig, cioè con limitato o nullo ricorso agli scavi a cielo aperto) producono effetti meno significativi sulla circolazione stradale, di quelli prodotti al contrario da cantieri tradizionali con scavo a cielo aperto (fig.1).

A parità di caratteristiche geometriche della strada e del cantiere, nonché a parità di durata della cantierizzazione, il numero di veicoli affetti da ritardo, e l'entità stessa del ritardo dipenderanno dall'importanza della particolare strada interessata dalla cantierizzazione, o in altre parole dai flussi veicolari che normalmente hanno luogo lungo quel dato tronco stradale.

Classificheremo quindi le strade della rete stradale urbana in:

- a) strade di scorrimento,
- b) strade di quartiere,
- c) strade locali,

secondo le definizioni contenute nell'art.2 del DL 30.04.92 n.285 e succ. modif. (Codice della Strada).

Alla definizione del tipo di strada, aggiungiamo anche alcune caratteristiche geometriche e cinematiche utili per l'applicazione dei modelli numerici che

TAB. 1 CLASSI DI STRADE

tipo di strada	v velocità media (km/h)	L _L larghezza della singola corsia di marcia (m)	Wt _{min} larghezza minima della carreggiata (m)
di scorrimento	30	3,00	14,50
di quartiere	20	2,75	7,00
locale	10	2,50	4,00 (*)

(*) per strade di larghezza inferiore ai 4,00 m si considera che la cantierizzazione causi un blocco che impedisce del tutto la circolazione veicolare

fanno parte di questa metodologia.

Il modello che segue si applica per strade a senso unico di marcia. Nel caso di strade a doppio senso di marcia, il modello si applica alla semicarreggiata.

Definiamo innanzitutto la geometria della strada.

I dati di partenza che servono per definire la geometria della strada sono i seguenti:

- tipologia di strada: di scorrimento, di quartiere, locale
- W = larghezza della carreggiata per senso di marcia (compresi gli stalli);

- presenza di stalli: sì, no;
- tipologia e larghezza W_s degli stalli: paralleli alla strada (W_s=2,00), a spina di pesce a 45° (W_s=5,70), perpendicolari alla strada (W_s=5,50).

Calcoliamo quindi la larghezza di carreggiata per senso di marcia destinato alla circolazione dei veicoli:

$$W_{\text{circ}} = W - W_s$$

e quindi il numero intero di corsie per la circolazione (per senso di marcia):

$$n = \text{INT}(W_{\text{circ}} / L_L) \text{ con i valori di } L_L \text{ indicati in tab.1.}$$

Con le seguenti ipotesi geometrico-cinematiche valutiamo la capacità teorica massima Q_c della singola corsia nelle ipotesi di flusso ininterrotto:

$$\begin{aligned} d_1 &= \text{lunghezza media dei veicoli} = 4 \text{ m} \\ d_4 &= \text{franco di sicurezza} = 1 \text{ m} \\ t &= \text{tempo psicotecnico} = 1 \text{ s} \\ \gamma &= \text{decelerazione in frenata} = 4 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \Rightarrow$$

$$Q_c = \frac{3600v}{d_1 + d_4 + vt + \frac{v^2}{2\gamma}}$$

Q_c rappresenta solo una capacità teorica massima per corsia. In realtà in funzione dell'importanza della strada (di scorrimento, di quartiere o locale), le portate massime potranno essere significativamente più basse. Calcoleremo quindi una portata reale massima per corsia C_c, come il prodotto di Q_c per un opportuno coefficiente riduttivo f_a:

TAB.2 CLASSI DI STRADE E PORTATE

tipo di strada	v (km/h)	Q _c (veic./h)	f _a	C _c =Q _c ·f _a (veic/h)
di scorrimento	30	1304	0,9	1174
di quartiere	20	1298	0,7	909
locale	10	1026	0,3	308

La portata reale massima della strada sarà data da:

$$C = n \cdot C_c \quad [VI]$$

e rappresenta una sorta di capacità reale della strada in esame.

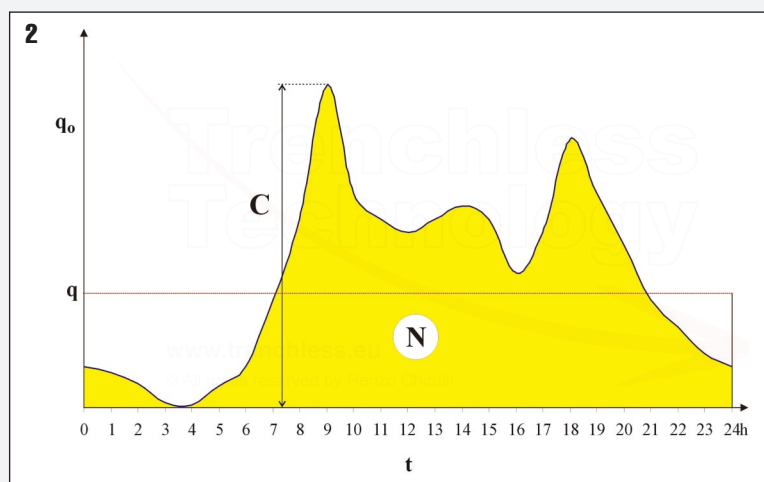
È noto che il flusso veicolare attraverso una data sezione stradale è funzione anche del tempo. In altri termini in funzione dell'ora di osservazione il flusso veicolare presenta una variabilità tra un valore massimo ed uno minimo entrambi compresi nell'intervallo [0,C].

In un diagramma (t,q_o) in cui t è l'ora di osservazione (variabile nell'intervallo 0-24h) e q_o è il flusso veicolare osservato, l'area sottesa dal diagramma rappresenta il numero complessivo di veicoli N che nelle 24h transita attraverso la sezione stradale di osservazione (fig.2).

In altri termini risulta:

$$N = \int_{t=0}^{t=24} q_o(t) dt = q \cdot 24h$$

dove q rappresenta quello che possiamo definire il



flusso medio equivalente.

Possiamo calcolare q a partire da C , sulla base dei risultati di osservazioni sperimentali.

Come è noto, sulla scorta di innumerevoli osservazioni svolte sperimentalmente, il rapporto tra portata massima C e T_{mga} (traffico medio giornaliero annuo), per strade urbane, assume un valore medio pari a $k' = 0,15$.

Con le definizioni appena espresse abbiamo:

$$q = \frac{T_{mga}}{24h} \Rightarrow T_{mga} = q \cdot 24$$

e poiché

$$\frac{C}{T_{mga}} = k' \Rightarrow T_{mga} = \frac{C}{k'}$$

sostituendo il valore di T_{mga} si ottiene:

$$q = k \cdot C \quad \text{con} \quad k = \frac{1}{24 \cdot k'} = 0,30 \quad \text{[VII]}$$

Il flusso q , rappresenta un dato di partenza per il calcolo degli effetti dell'interferenza tra cantiere e strada. Il calcolo di q , mediante la [VII], può essere convenientemente sostituito o dal risultato fornito dall'applicazione di modelli distributivi del traffico urbano che simulino la rete in esame (per quei comuni che già sono dotati di uno strumento simile o che intendono dotarsi di uno strumento del genere) oppure dai risultati rivenienti da osservazioni dirette condotte mediante rilievo dei flussi veicolari che interessano le diverse strade della rete urbana esaminata. La presenza del cantiere determina in generale una riduzione temporanea di q .

Questa riduzione sarà funzione della dimensione del cantiere e del grado di interferenza che esso genera con le corsie destinate alla circolazione dei veicoli.

Calcoliamo un coefficiente f_b di riduzione del flusso veicolare, sulla base del quale determineremo il valore del flusso ridotto C_1 che è quello che si instaura

nella sezione stradale interessata dal cantiere.

Se con W_c indichiamo la larghezza del cantiere e con L la lunghezza dei tratti scavati a cielo aperto o comunque sottratti agli usi normali (circolazione veicolare o pedonale, sosta dei veicoli, ecc.) e che chiameremo semplicemente "lunghezza del cantiere", la fascia $L \cdot W_c$ potrà svilupparsi in posizioni che generano gradi di interferenza diversi con la circolazione.

In particolare quest'area potrà trovarsi:

- a) sul marciapiede, in tal caso non genererà alcuna interferenza con la circolazione;
- b) sul bordo strada (ed in tal caso potrebbe essere parzialmente o totalmente sovrapposta ad eventuali aree destinate normalmente alla sosta dei veicoli);
- c) interamente sulle corsie per la circolazione dei veicoli (ad esempio nel caso di un'installazione a centro strada).

Nei tre casi appena elencati (a, b e c) calcoliamo la larghezza di una fascia di interferenza F_i che sarà data da:

- a) $F_i = 0$
- b) $F_i = W_c - W_s$ (porremo F_i pari a zero nel caso in cui $W_s > W_c$, ovvero quando l'area di interferenza è tutta posizionata nelle aree normalmente destinate allo stallo dei veicoli)
- c) $F_i = W_c$

La fascia residua di carreggiata che rimane libera per la circolazione dei veicoli, avrà una larghezza data in generale da:

$$W_{res} = W_{circ} - F_i$$

A questo punto si possono verificare due casi.

CASO 1

$W_{res} < L_{res}$ (L_{res} = larghezza minima della singola corsia di circolazione di emergenza, per tipologia di strada - vedi tab. 3), parleremo allora di "STRADA BLOC-CATA". La valutazione del costo di interferenza con l'infrastruttura stradale verrà in tal caso rimandato a dei valori limite (vedi alle pagine successive).

TAB. 3 CLASSI DI STRADE E LARGHEZZA CORSIE

tipo di strada	Lem
	larghezza della singola corsia di circolazione di emergenza (m)
di scorrimento	2,50
di quartiere	2,50
locale	2,25

CASO 2

$W_{res} \geq L_{res}$ calcoliamo il numero di corsie n_r residue per la circolazione, come multiplo intero della larghezza della corsia di circolazione di emergenza che assumiamo essere per le diverse tipologie di strade che abbiamo sin qui considerato:

$$n_r = \text{INT}(W_{res}/L_{em}) \quad \text{[VIII]}$$

Il coefficiente f_b di riduzione del flusso veicolare è dato invece da:

$$f_b = 1 - \frac{F_i}{W_{\text{circ}}} = \frac{W_{\text{res}}}{W_{\text{circ}}} \quad [\text{IX}]$$

Con le notazioni sin qui utilizzate calcoliamo quindi il flusso ridotto C_1 causato dalla cantierizzazione come:

$$C_1 = n_r \cdot k \cdot C_c \cdot f_b \quad [\text{X}]$$

Noti quindi C , q e C_1 siamo in grado di calcolare il ritardo medio R_M ed il numero di veicoli N_v affetti dal ritardo R_M .

Se T^* rappresenta la durata di una perturbazione esogena temporanea, la lunghezza della coda che si genera a seguito della perturbazione è data da:

$$N_{\text{max}} = (q - C_1) \cdot T^* \quad [\text{XI}]$$

Se applicassimo la [XI] con $T^* = T_c$ tempo di durata del cantiere, otterremmo valori di N_{max} non ammissibili per una rete stradale come quella urbana che è tipicamente articolata e fortemente interconnessa.

In altri termini è molto probabile oltre una certa lunghezza della coda (che dipenderà anche dall'importanza della strada lungo la quale si verifica la perturbazione) gli utenti decidano di scegliere itinerari di viaggio alternativi piuttosto che attendere in coda.

Questa considerazione induce ad introdurre un valore limite per la lunghezza di coda N_{max} , che sarà diverso in funzione del tipo di strada considerato ed in funzione del grado di interconnessione della rete urbana in esame.

A titolo esemplificativo assumiamo i seguenti valori (tab. 4):

TAB. 4 CLASSI DI STRADE E NUMERO MAX VEICOLI

tipo di strada	N_{max} lunghezza limite della coda (numero di veicoli)
di scorrimento	99
di quartiere	66
locale	33

Con il valore di N_{max} così introdotto ed in funzione di q e C_1 calcoliamo un tempo di durata equivalente della perturbazione dato da:

$$T_{\text{eq}}^* = \frac{N_{\text{max}}}{q - C_1} \quad [\text{XII}]$$

L'effetto della cantierizzazione di durata T_c potrà essere considerato come la sommatoria degli effetti causati da p perturbazioni ciascuna di durata T_{eq}^* .

$$T_c = p \cdot T_{\text{eq}}^*$$

Calcoliamo un tempo T_1 di smaltimento della coda causata dalla perturbazione di durata T_{eq}^* , dato da:

$$T_1 = \frac{C - C_1}{C - q} \cdot T_{\text{eq}}^*$$

Calcoliamo quindi il ritardo complessivo R_T causato dalla perturbazione di durata T_{eq}^* , e che è dato da:

$$T_1 = \frac{C - C_1}{C - q} \cdot T_{\text{eq}}^*$$

Il numero di veicoli ritardati N_R a causa della perturbazione di durata T_{eq}^* , sarà dato da:

$$N_R = q \cdot T_1$$

mentre il ritardo medio per veicolo sarà pari a:

$$R_M = \left(1 - \frac{C_1}{q}\right) \cdot \frac{T_{\text{eq}}^*}{2} \quad [\text{XIII}]$$

Il numero totale N_v di veicoli affetti dal ritardo medio R_M sarà dato da:

$$N_v = p \cdot N_R = \frac{T_c}{T_{\text{eq}}^*} \cdot N_R \quad [\text{XIV}]$$

Noti R_M e N_v siamo in grado di calcolare il costo del maggiore tempo di percorrenza sopportato dall'utente:

$$C_{\text{mt}} = V_{\text{mt}} \cdot R_M \cdot N_v \quad [\text{IV}]$$

• C_{mc} Maggiore costo di carburante sopportato dall'utente

A parità di motivazione di viaggio e destinazione, a causa dell'interferenza causata dal cantiere, gli N_v veicoli affetti dal ritardo medio R_M permangono in funzione (cioè a motore acceso) per un tempo maggiore che è dato da:

$$T_t = R_M \cdot N_v$$

Durante questo tempo il motore di ciascun veicolo, seppure girando a bassi regimi, consumerà una certa quantità di carburante, il cui costo moltiplicato per il numero di veicoli coinvolti nel perditempo, fornisce proprio la componente C_{mc} . Se con c_s indichiamo il costo per durata unitaria di funzionamento del singolo veicolo (espresso in Euro/min), allora avremo che:

$$c_{\text{cs}} = \frac{p_m \cdot c_s \cdot p_c}{60} \quad \text{con: } \begin{array}{l} p_m = \text{potenza media del motore (kW)} \\ c_s = \text{consumo medio di carburante (gr/kWh)} \\ p_c = \text{prezzo medio del carburante (Euro/gr)} \end{array}$$

con i termini appena introdotti calcoliamo il maggior costo di carburante sopportato dall'utente come:

$$C_{\text{mc}} = c_{\text{cs}} \cdot T_t \quad [\text{XV}]$$

• Caso di "STRADA BLOCCATA"

Quando si verifica $W_{\text{res}} < L_{\text{em}}$ (o al limite quando $f_b = 1$) siamo nelle condizioni nelle quali non vi è sufficiente spazio sul singolo senso di marcia perché la

corrente veicolare possa transitare.

Nel caso di strada a senso unico questo equivale a bloccare fisicamente il transito.

Nel caso di strada a doppio senso di marcia (senza spartitraffico) questo può significare la necessità di condividere la carreggiata residua per la circolazione nei due sensi di marcia, oppure l'istituzione di un senso unico alternato, o ancora (nel caso di spazi insufficienti) il blocco di uno o entrambi i sensi di marcia.

In tutti questi casi parleremo di "STRADA BLOCCATA", ed i valori calcolati per C_{mtp} e C_{mc} , mediante le formule di calcolo esposte nei paragrafi precedenti, tenderebbero ad ∞ .

Occorre osservare che la funzione $f = C_{mtp} + C_{mc}$ pur potendo essere rappresentata come funzione continua, in realtà tende ad un valore massimo oltre il quale si verifica la condizione di "STRADA BLOCCATA". Siccome nell'applicazione pratica di questa metodologia non hanno rilevanza variazioni minime delle variabili indipendenti che compaiono nella $f = C_{mtp} + C_{mc}$ è possibile per successive approssimazioni ricavare il $\max(f)$.

I valori che applicheremo per il caso di STRADA BLOCCATA saranno dati da:

$$f(S.B.) = \max(f) \cdot \delta$$

con $\delta > 1$.

Questo traduce numericamente il principio che il blocco totale della circolazione su un dato tronco stradale rappresenta una condizione limite indesiderata.

• C_v Costi terminali di viaggio aggiuntivi

Si tratta dei costi che gli utenti devono sopportare a causa del parcheggio che può essere reso temporaneamente non disponibile a causa della presenza del cantiere.

Questo costo si calcola a partire dall'area di occupazione del cantiere e dalla tipologia di stalli presenti normalmente nell'area sottratta al parcheggio.

Con riferimento ai termini mostrati nella figura seguente calcoliamo questa componente di costo.

Il numero di stalli n_p sottratti dal cantiere è dato da:

$$n_p = \text{INT}(L/L_s)$$

se indichiamo con:

C_{op} costo orario medio parcheggio nella zona - Euro/h;

$p\%$ percentuale di utenti che parcheggiano a pagamento - %.

Allora abbiamo che:

$$C_{tv} = n_p \cdot C_{op} \cdot p\% \cdot T \quad [XVI]$$

Naturalmente se lungo la strada in esame non vi sono stalli o se la cantierizzazione interessa solo il marciapiede, questa componente di costo sarà pari a zero.

• C_{pco} costo per l'eventuale perdita delle caratteristiche originarie dell'infrastruttura viaria

Lo scavo di una trincea comporta la demolizione di parte della sovrastruttura e della fondazione stradale, con successivo rinterro e ripristino.

L'osservazione condotta su migliaia di chilometri di strade (specie in ambito urbano), soggette a questo genere di operazioni, ha dimostrato come, al di là di quanto prescritto dalle norme e dai capitoli, la pratica esecutiva corrente produca sempre, nel tempo, effetti negativi sulle caratteristiche funzionali della pavimentazione stradale, con ricadute sensibili sulla collettività intesa non solo come l'insieme degli utenti ma anche come l'insieme degli enti proprietari della strada.

Questo è dovuto non solo alla scarsa cura che viene spesso prestata a questo genere di operazioni, ma anche ai limiti fisici che derivano dall'impossibilità di procedere ad un costipamento ottimale del materiale di riempimento entro uno scavo a sezione ristretta (trincea) entro cui sia stato installato un sottoservizio.

Il risultato comunemente osservato è che il piano viabile di strade urbane interessate da scavi a cielo aperto, dopo le operazioni di ripristino e dopo un certo numero di anni ($2 \div 4$ anni) presenta sempre dei cedimenti più o meno pronunciati, che ne fanno decadere sia il livello di funzionalità che quello di sicurezza.

La conseguenza è che l'ente proprietario della strada è costretto a procedere a significativi lavori di ricostruzione che si estendono quasi sempre all'intera sezione stradale.

Quando tuttavia l'ente non dispone delle necessarie risorse per procedere all'effettuazione di questi interventi ricostruttivi, come accade per molte strade di proprietà comunale, allora i bassi livelli di funzionalità e di sicurezza delle strade urbane permangono forzatamente causando effetti negativi che si traducono in un significativo innalzamento del numero degli incidenti stradali ed in un generale decadimento del comfort di viaggio e dell'immagine della città.

Questa componente di costo va quindi intesa come una quota destinata al ripristino delle caratteristiche originarie dell'infrastruttura viaria, inevitabilmente compromesse dall'apertura di scavi a cielo aperto.

Essa va calcolata quindi a partire dal costo dei lavori necessari a realizzare la manutenzione straordinaria della strada.

Sulla base dei concetti appena esposti abbiamo quindi che il costo per l'eventuale perdita delle caratteristiche originarie dell'infrastruttura viaria è dato da:

$$C_{pco} = \alpha \cdot C_r (1+i)^n \quad [XVII]$$

essendo:

- C_r = costo dei lavori necessari a realizzare la manutenzione straordinaria della strada (eventualmente espressi anche in forma unitaria - in tal caso $C_r = c_r \cdot L$);
- i = tasso medio di attualizzazione (~ 0.08);
- n_a = numero di anni, dopo la data di chiusura del cantiere, trascorsi i quali si procede alla manutenzione della strada ($2 \div 4$ anni);
- α = coefficiente che tiene conto della programmazione dei lavori nel sottosuolo e del ciclo di vita utile della strada ($\alpha = 0,20 \div 0,40$).

• **C_{is} costo sociale degli incidenti stradali**

Il minore livello di servizio che si genera nell'infrastruttura stradale a causa dell'interferenza del cantiere, può essere causa di una maggiore incidentalità.

Il costo sociale degli incidenti stradali si compone di una serie di addendi, quali:

- la riduzione che si verifica nella produzione di beni e servizi per effetto dei decessi, delle invalidità permanenti o temporanee delle persone coinvolte negli infortuni stradali considerando queste quali produttori attuali e futuri di beni e servizi;
- i danni arrecati alle cose e consistenti principalmente in danni subiti dai veicoli coinvolti;
- le spese di ospedalizzazione ed assistenza medica ambulatoriale;
- costi amministrativi ovvero in quelli che misurano il grado di utilizzo di attività prestate da istituti assicurativi, organismi pubblici e privati, in occasione dei loro interventi nelle varie fasi in cui si articola il fenomeno degli infortuni stradali e le sue conseguenze.

Il suo calcolo si riporta all'elaborazione di statistiche assicurative.

• **C_{dv} discomfort di viaggio sopportato dall'utente**

La maggiore permanenza degli utenti nei veicoli e l'attesa in coda, causata dal perditempo che l'interferenza genera, accresce in generale il disagio psicofisico del conducente e dei passeggeri.

L'attesa in coda o la guida in condizioni di traffico congestionato, a causa della maggiore vicinanza con altri veicoli e con i mezzi e le aree di cantiere, richiede una maggiore attenzione, producendo di conseguenza maggiori condizioni di stress.

Il disagio che ne deriva può generare un costo allorquando, per chi lo subisce, si verifica un abbassamento del rendimento nelle attività di produzione di beni e servizi, oppure quando, per attenuare le conseguenze dovute allo stress psicofisico, si ricorre all'uso di farmaci ed in generale dei servizi sanitari.

La quantificazione di tali costi è naturalmente molto difficile, ma secondo il nostro parere non si tratta, come invece parte della tradizione estimativa afferma, di costi non stimabili.



Uno strumento atto alla determinazione di tali costi può, a nostro avviso, essere costituito dal sondaggio demoscopico, mirato alla determinazione della qualificazione del disagio subito, dell'autostima dell'eventuale e conseguente minore rendimento lavorativo (facilmente monetizzabile) e della spesa farmaceutica e sanitaria sostenuta.

Attraverso medie pesate, assumendo come pesi le percentuali di risposta registrate nel sondaggio, è possibile determinare su un campione rappresentativo, quale sia percentualmente il disagio provato e quale il costo unitario conseguente (c_{dv}), che moltiplicato questa volta unicamente per il numero di veicoli interessati dal perditempo causato dall'interferenza, fornisce la misura complessiva del costo per discomfort di viaggio sopportato dall'utente che indichiamo con C_{dv} .

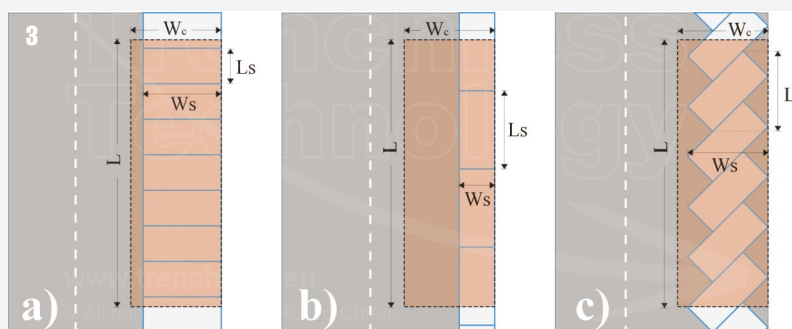
• **Coefficiente moltiplicativo dipendente dalla natura dell'opera**

Nell'espressione [III] è stato introdotto un coefficiente b che abbiamo definito come "coefficiente moltiplicativo dipendente dalla natura dell'opera". Questo coefficiente permette di introdurre una differenziazione e quindi una diversa incidenza degli oneri di concessione calcolati mediante IGC, a seconda che l'opera sia di utilità pubblica o privata.

Permette altresì di determinare una diversa incidenza di questi oneri a seconda che il capitale d'investimento sia pubblico, misto o privato.

Questa differenziazione risponde al principio di incentivazione delle opere di pubblica utilità da realizzarsi su spazi pubblici.

Risponde altresì al principio che quando è la collettività a promuovere la realizzazione di tali opere, attraverso investimenti di capitale pubblico e/o misto, gli oneri stessi devono necessariamente risulta-



re inferiori in quanto i vantaggi economici diretti che derivano dalla realizzazione delle opere ricadono interamente o in quota parte sulla collettività (rappresentata dalla natura pubblica del capitale investito).

Quando invece l'investimento è di natura privata e lo è anche l'utilità dell'opera stessa, nonché il vantaggio economico diretto, è evidente che gli oneri di concessione devono assumere un'incidenza maggiore.

Sulla base di questi criteri il coefficiente moltiplicativo dipendente dalla natura dell'opera è espresso dai valori mostrati nella tabella seguente.

TAB. 5 COEFFICIENTE B			
utilità dell'opera	capitale d'investimento		
	pubblico	misto	privato
pubblica	0,10	0,15	0,20
privata	1,00	1,00	1,00

È importante sottolineare che anche questi coefficienti devono essere in realtà il risultato di precise scelte di programmazione e di politica di gestione del territorio.

I valori riportati nella tab. 5 costituiscono pertanto solo un'esemplificazione numerica del criterio che qui si vuole affermare.

È importante notare che nella valutazione del costo C_i , il coefficiente b non viene applicato alla componente C_{pco} (costo per l'eventuale perdita delle caratteristiche originarie dell'infrastruttura viaria), questo perché a prescindere dalla natura pubblica o privata dell'utilità dell'opera e del capitale d'investimento, la perdita delle caratteristiche originarie dell'infrastruttura viaria, costituisce una perdita di valore di un bene pubblico che grazie alla componente C_{pco} può essere opportunamente ripristinato.

• Costi sociali

Come già ricordato nell'introduzione della presente relazione, oltre alla mobilità, vi sono altre componenti del sistema urbano, che subiscono gli impatti negativi causati dalle cantierizzazioni necessarie alla realizzazione di interventi nel sottosuolo urbano.

Come effetto concomitante all'esecuzione del-

l'opera, la collettività sopporta infatti una serie di costi derivanti da:

- a) diseconomie esterne: ovvero interferenze con le attività economiche locali,
- b) disagio ed interferenze con gli spazi residenziali.

La componente di costo sociale C_s è data quindi da:

$$C_s = b \cdot (C_{de} + C_d) \text{ [XVIII]}$$

avendo indicato con:

C_{de} = costo derivante dalle diseconomie esterne

C_d = costo del disagio e delle interferenze con gli spazi residenziali.

• C_{de} costo derivante dalle diseconomie esterne

Con diseconomie esterne abbiamo voluto indicare essenzialmente quelle diseconomie che si attivano a causa delle interferenze tra cantieri ed attività economiche locali di commercio, servizio ed artigianato.

È diffusamente riconosciuto, da molti autori, come queste interferenze diano origine a dei costi effettivi e quantificabili in termini di mancato fatturato delle attività economiche.

Queste diseconomie, indicate eloquentemente da molti autori come "disturbo all'economia locale" trovano origine dalla congestione del traffico, dalla temporanea indisponibilità di parcheggio o fermata dei veicoli, dalla disagiatezza dei percorsi pedonali conseguenti alla cantierizzazione, dal rumore, dalla polvere, dall'inquinamento atmosferico, dalla sensazione di pericolo ed in generale di disagio che le persone provano in vicinanza di mezzi meccanici pesanti al lavoro, dal decadimento dell'immagine dell'area in cui sono collocati gli esercizi commerciali, di servizio ed artigianali.

Questa serie di cause inducono i consumatori a servirsi meno degli esercizi interessati dalle interferenze, e questa influenza sulla scelta del consumatore è tanto più rilevante quanto maggiore è l'offerta di esercizi alternativi lontani dal cantiere ma prossimi alla zona e quanto meno necessario è il bene o il servizio che essi devono acquistare.

L'effetto in termini economici è rappresentato da un decremento del fatturato medio e quindi del profitto realizzato dalle attività economiche locali.

Indicando con:

F_m fatturato medio mensile degli esercizi presenti in una data zona (Euro/mese)

p_{ma} % minore fatturato indotto dalla cantierizzazione espresso come percentuale del fatturato medio mensile, in particolare:

- p_{ma} % = 40% quando si utilizzano scavi a cielo aperto lungo il marciapiede;
- p_{ma} % = 25% quando si utilizzano scavi a cielo aperto lungo la strada;
- p_{ma} % = 20% quando si utilizzano tecnologie No-Dig

lungo il marciapiede;

• $p_{ma}\%$ = 5% quando si utilizzano tecnologie No-Dig lungo la strada;

$r_m\%$ profitto medio per le attività presenti in quella zona;

d_{me} densità media di esercizi presenti nella zona (esercizi/km).

Con il significato dei simboli già introdotti nei paragrafi precedenti, si calcola che il mancato profitto complessivo, e quindi il costo per diseconomie esterne Cde, è dato da:

$$C_{dc} = F_m \cdot p_{ma}\% \cdot r_m\% \cdot d_{me} \cdot \frac{L}{1000} \cdot \frac{T_c}{30} \quad [XIX]$$

avendo espresso L_e e T_c (che indicano rispettivamente lunghezza del cantiere con scavo a cielo aperto e delle aree sottratte dal cantiere agli usi consueti, e la durata della cantierizzazione) rispettivamente in metri e giorni.

• C_d costo del disagio e delle interferenze con gli spazi residenziali

Il disagio generalizzato (ad esclusione di quanto già valutato con riferimento alle interferenze con infrastrutture stradali) è quello derivante dall'esposizione delle persone a livelli di rumore e di inquinanti al di sopra delle soglie di tollerabilità, a vibrazioni ed agli effetti psicologici (percezione di fastidio, pericolo, ecc.) che la presenza del cantiere genera.

Le interferenze con gli spazi residenziali generano invece costi legati ai perditempo che si verificano quando le persone sono costrette a percorrere itinerari alternativi o disagiati a causa della indisponibilità o alterazione temporanea di spazi destinati al transito delle persone.

Questi fenomeni possono essere valutati attraverso opportune indagini demoscopiche tese non soltanto alla definizione dei caratteri qualitativi di tali fenomeni, ma anche alla determinazione dei costi connessi.

L'indagine demoscopica ha lo scopo di stabilire quanto i cittadini sarebbero disposti a pagare in più perché il disagio venga rimosso. La misura può essere espressa in forma percentuale rispetto al costo base di costruzione dell'opera.

Con questo criterio ed effettuando l'indagine demoscopica su un campione significativo di cittadini residenti in un Comune che è già stato interessato da interventi di cablatura estesi e diffusi, sono state ricavate delle percentuali che permettono di stabilire questo costo (Chirulli, Caruso 1998).

In particolare questo studio ha permesso di stabilire che i cittadini sarebbero disposti a pagare circa il 20% in più, sul costo di costruzione delle opere, pur di rimuovere tali disagi, quando i cantieri si sviluppano lungo la carreggiata stradale. Questo valore raddoppia quando il cantiere si sviluppa lungo i marciapiedi.

Questo si traduce nella seguente espressione:

$$C_d = C_c \cdot p_d\% \quad [XX]$$

avendo indicato con:

C_c = costo di costruzione dell'opera (eventualmente espresso in forma unitaria Euro/metro)

$p_d\%$ = maggiorazione del costo di costruzione per la rimozione del disagio (20% ÷ 40%).

CALCOLO DEGLI ONERI DI CONCESSIONE

Come già introdotto all'inizio del presente lavoro, gli oneri di concessione possono essere determinati proporzionalmente all'IGC. In particolare, con l'introduzione del coefficiente b, l'IGC stesso rappresenta l'onere di concessione totale dovuto per una data opera.

Può essere utile calcolare un onere di concessione unitario, come Costo Unitario Indiretto Generalizzato UIGC (Unit Indirect Generalized Cost), e che sarà pari a:

$$UIGC = IGC/L \quad [XXI]$$

dove L è la lunghezza del cantiere, secondo la definizione già introdotta nei paragrafi precedenti.

È importante notare che a parità di altre condizioni, l'UIGC cresce al crescere dell'ampiezza dell'area di interferenza tra cantiere e strada (e quindi al crescere della larghezza del cantiere). Quando tuttavia la larghezza raggiunge valori tali, per i quali si verificano le condizioni di STRADA BLOCCATA, l'UIGC raggiunge un valore massimo che non può ovviamente crescere ulteriormente al variare della larghezza del cantiere (mantenendo costanti tutte le altre variabili).

Va altresì osservato esplicitamente che se manteniamo costanti tutte le variabili tranne la durata del cantiere, l'UIGC varierà in maniera pressoché lineare al variare della durata. Si registra un analogo andamento se manteniamo costanti tutte le variabili eccetto la lunghezza del cantiere.

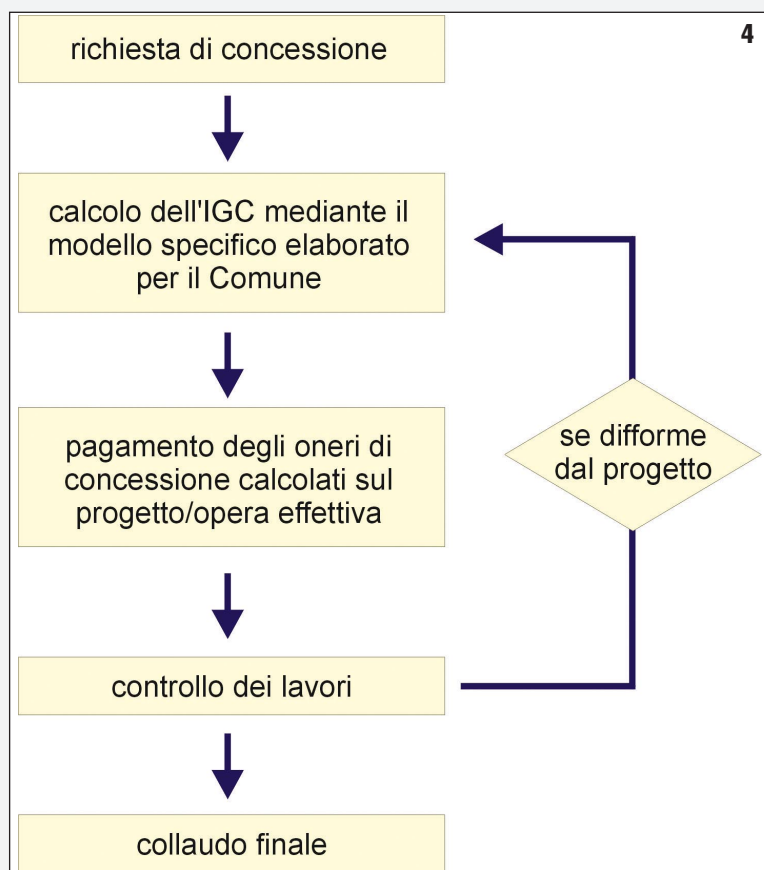
Questo significa che a parità di produttività ($P=L/T_c$), l'UIGC rimane costante.

Questo comportamento della funzione che esprime l'UIGC permette, mantenendo costanti tutte le altre variabili, di tabellare i valori di UIGC al variare della produttività.

UTILIZZAZIONE DELLA IGC PER IL CALCOLO DEGLI ONERI DI CONCESSIONE

Da quanto sin qui esaminato, risulta evidente che la IGC si compone di due fasi fondamentali:

- 1) preparazione del modello,
 - 2) applicazione del modello,
- esaminiamo più in dettaglio queste due fasi.



Fase di preparazione del modello

In questa fase oltre a raccogliere tutti i dati necessari alla costruzione del modello, possono essere operate scelte tipicamente di pianificazione. Questo può essere fatto attraverso un opportuno studio dei coefficienti che compaiono nel modello di calcolo, ed in particolare di: f_a , V_{am} , α , β e δ , $p_d\%$.

Questo permette di indirizzare i risultati del modello di calcolo coerentemente con le scelte operate anche in ambiti di pianificazione differenti (urbanistico, di traffico, di sottosuolo).

La preparazione del modello richiede specifiche competenze professionali ed un coordinamento con il livello decisionale dell'amministrazione comunale.

A seconda delle esigenze il modello può essere implementato in una procedura manuale o automatica (software) eventualmente integrata in un SIT (Sistema Informativo Territoriale).

Fase di applicazione del modello

Il modello, sia in forma di procedura manuale che automatica, permette il calcolo degli oneri di concessione in funzione della localizzazione, tipologia, estensione e durata di ogni singolo cantiere.

Il calcolo degli oneri di concessione avviene sulla base di un progetto.

La concessione viene rilasciata successivamente alle necessarie verifiche di conformità del progetto ai regolamenti ed ai piani esistenti, e dopo il pagamento degli oneri di concessione.

A completamento del lavoro e comunque in qualsiasi momento questo si renda necessario, il Comune verifica la conformità dei lavori ai termini della concessione, eventualmente ricalcolando gli oneri, nel caso vengano riscontrate difformità.

La procedura di utilizzo standard dell'IGC è schematizzata nel diagramma seguente (fig.4).

CONCLUSIONI

L'IGC rappresenta uno strumento sofisticato per il calcolo degli oneri di concessione relativi ad opere ed interventi su reti tecnologiche interrate.

Le sue caratteristiche dinamiche ed adattative permettono di calcolare questi oneri in coerenza con politiche di gestione del sottosuolo e dell'ambiente urbano che favoriscano interventi a basso impatto ambientale.

Per i Comuni la sua implementazione permette di tradurre la gestione del sottosuolo urbano in un'attività proficua e compatibile con le politiche di pianificazione generali della città. ■