

DIPARTIMENTO DEL TERRITORIO
DIVISIONE DELLE COSTRUZIONI
AREA DEL SUPPORTO E DEL COORDINAMENTO
CASELLA POSTALE 2170 - 6501 BELLINZONA

ISC-SC 2024-2027

**Impianti semaforici mobili
per la gestione del traffico
sui cantieri delle strade cantonali**

Periodo 2024 - 2027

PROCEDURA PER LA CONCESSIONE E REGOLAZIONE DI UN SEMAFORO DI CANTIERE

INDICE

	Pagina
<u>1.</u> <u>APPLICABILITÀ - PROCEDURA</u>	1
<u>2.</u> <u>CANTIERE SENZA SEMAFORO</u>	1
<u>3.</u> <u>CANTIERE CON SEMAFORO</u>	3
3.1. Condizioni per entrare nel merito di un cantiere con regolazione semaforica	3
3.2. Raccolta dei dati base per la semaforizzazione	4
3.3. Programma semaforico - tabelle di calcolo	5
3.3.1. Tabella 2 - Valutazione dei tempi rossi	6
3.3.2. Tabella 3 - Valutazione dei tempi verdi (somma delle 2 corsie di marcia)	6
3.3.3. Tabella 4 - Ripartizione del tempo verde	7
3.3.4. Tabella 5 - Tempi di semaforizzazione	8
<u>4.</u> <u>CONCLUSIONI</u>	8
<u>5.</u> <u>BIBLIOGRAFIA</u>	9
<u>6.</u> <u>TABELLE DI CALCOLO</u>	9
<u>7.</u> <u>ESEMPI</u>	9

1. APPLICABILITÀ - PROCEDURA

Il presente manuale fornisce gli elementi necessari per autorizzare e regolare un impianto semaforico provvisorio lungo una strada cantonale per un cantiere, dove la circolazione veicolare è gestita su una sola corsia di marcia e a flussi alternati.

La procedura è applicabile per cantieri su strade principali e secondarie all'interno o fuori località, ma non può essere utilizzata per cantieri autostradali o su superstrade.

Questa procedura non può essere utilizzata per situazioni complesse che richiedono più dei due semafori posti all'estremità del cantiere (ad esempio regolazione di incroci o regolazione di strade con immissione all'interno dell'area di cantiere).

Il manuale è suddiviso nei seguenti sottocapitoli:

- cantiere senza semaforo
- cantiere con semaforo
- conclusioni

2. CANTIERE SENZA SEMAFORO

Un cantiere può essere lasciato incustodito (senza semafori) se soddisfa le esigenze minime di sicurezza legate: alla visibilità degli automobilisti, alla velocità di cartello, alla lunghezza del cantiere stesso e al volume di traffico nei due sensi di marcia.

Queste esigenze sono raggiunte con la verifica delle due condizioni seguenti:

a) Verifica legata alla visibilità degli automobilisti

È determinato lo spazio minimo (S_{\min}) necessario ad un automobilista per decidere se percorrere la corsia disponibile del cantiere o se arrestare il proprio veicolo prima di raggiungere il cantiere stesso (arrivo di veicoli sulla corsia opposta)

Condizione da rispettare:

$$S_{\text{effettiva}} > S_{\min}$$

Dove $S_{\text{effettiva}}$ = lunghezza effettiva di visibilità misurata in loco

Lo spazio di visibilità minimo S_{\min} (vedi figura 1) è la somma delle seguenti lunghezze:

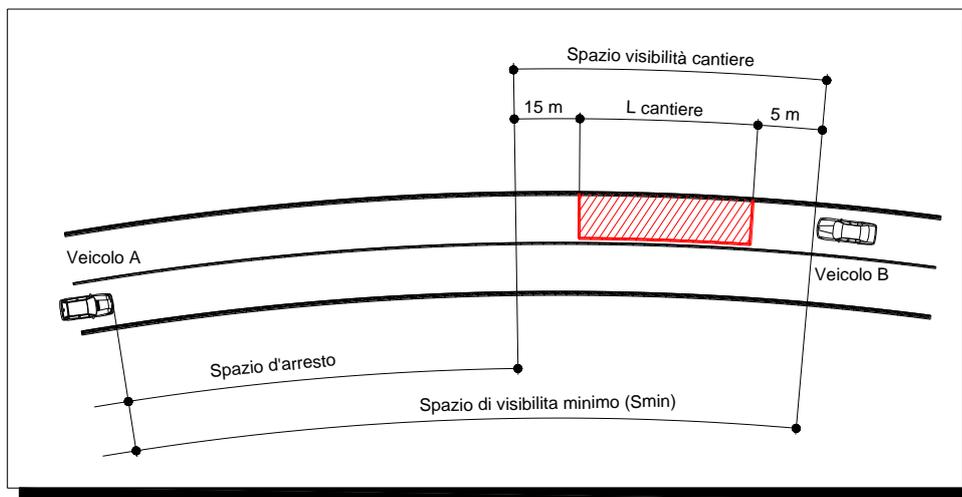
$$S_{\min} = S_{\text{arresto}} + S_{\text{visibilità cantiere}}$$

S_{arresto} = spazio di visibilità e arresto prima del cantiere in funzione della velocità di cartello (V_p)

$V_p = 80 \text{ Km/h}$	$S_{\text{arresto}} = 130 \text{ metri}$
$V_p = 60 \text{ Km/h}$	$S_{\text{arresto}} = 80 \text{ metri}$
$V_p = 50 \text{ km/h}$	$S_{\text{arresto}} = 60 \text{ metri}$

$S_{\text{visibilità cantiere}}$ = lunghezza cantiere + 20 metri per arresto veicoli prima del cantiere

Figura 1 Spazio di visibilità minimo



b) Lunghezza ammissibile del cantiere

In base alla documentazione tecnica a disposizione si è ricostruita la lunghezza ammissibile di un cantiere senza semafori, in funzione dei flussi di traffico nelle direzioni opposte di marcia. In merito si propone quanto segue:

La lunghezza massima del cantiere senza semafori, è legata ai volumi di transito delle singole direzioni di marcia secondo la tabella seguente:

Tabella: Flussi di traffico massimi

Lunghezza cantiere	Flusso max corsia A	Flusso max Corsia B
L cantiere = 10 metri	200 v/h	500 v/h
L cantiere = 20 metri	200 v/h	400 v/h
L cantiere = 30 metri	200 v/h	300 v/h

Quanto citato dovrebbe essere monitorato in situazioni reali per verificarne la validità, aggiornando eventualmente la stessa in base ai riscontri in loco.

c) Confronto finale

Il cantiere potrà essere lasciato incustodito se le due esigenze sopracitate (*punti a e b*) sono soddisfatte. In caso contrario si dovrà regolare il traffico con personale specializzato o con un sistema semaforico da valutare secondo le indicazioni dei capitoli 3 e 4.

3. CANTIERE CON SEMAFORO

3.1. Condizioni per entrare nel merito di un cantiere con regolazione semaforica

Le condizioni indicate nella tabella seguente vanno verificate prima di iniziare la procedura per la regolazione di un semaforo di cantiere.

La tabella fornisce, infatti, dei suggerimenti che potrebbero evitare la realizzazione di un impianto semaforico o almeno limitare i tempi d'attesa degli utenti stradali.

Verifiche prima di procedere alla semaforizzazione

	SI	NO
- L'intervento sul campo stradale è indispensabile?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- La posa di infrastrutture di terzi può seguire un tracciato alternativo al di fuori del sedime stradale o un tracciato meno penalizzante per l'utenza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- La durata dei lavori proposta è ridotta al minimo; in situazioni di forte disturbo è previsto un lavoro a sciolte, compreso ev. il lavoro notturno?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Entro un termine ragionevole è già presente un altro intervento (cantonale o di terzi)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Sul tratto stradale in oggetto è già presente un altro cantiere?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Il responsabile del semaforo ha fornito i programmi che intende utilizzare per la gestione del semaforo nelle diverse situazioni di traffico, compreso l'eventuale impegno a regolare manualmente il semaforo in caso di necessità?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Sono stati ricercati percorsi alternativi per le biciclette (se si da segnalare adeguatamente il percorso alternativo e il divieto di transito nel cantiere), o l'obbligo di utilizzare il marciapiede pedonalmente (spingendo la bici)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.2. Raccolta dei dati base per la semaforizzazione

I dati base vanno raccolti e riportati nelle apposite righe e colonne della *Tabella 1 "Dati base" sulla base di accertamenti in loco, di dati a disposizione, o in funzione delle conoscenze dell'operatore.*

Tabella dati base (vedi Tabella 1)

<i>P.to 1</i>	<i>Distanza tra i semafori di cantiere</i>	inserire la lunghezza tra i due semafori posti alle estremità del cantiere.
<i>P.to 2</i>	<i>Pendenza media della strada</i>	inserire la pendenza media del tratto di cantiere. Per la corsia in salita, la pendenza va inserita con segno positivo, mentre per la corsia in discesa la pendenza va inserita con segno negativo.
<i>P.to 3</i>	<i>Velocità di cantiere</i>	per ogni corsia, scegliere la velocità minima tra quelle indicate nei punti 3.1 - 3.5. Questa velocità sarà ritenuta per le valutazioni del programma semaforico.
<i>P.to 4</i>	<i>Flussi di traffico</i>	per ogni singola corsia vanno inseriti i flussi di traffico orario determinanti per il calcolo del programma semaforico.
<i>P.to 5</i>	<i>Flussi di traffico percentuali</i>	calcolare percentualmente i flussi di traffico indicati nel punto 4.
<i>P.to 6</i>	<i>Presenza bus /veicoli prioritari</i>	<i>indicare con SI o No se dal cantiere transitano linee di mezzi pubblici o si desidera agevolare i mezzi prioritari (ambulanza, polizia, ecc.).</i>
<i>P.to 7</i>	<i>Posa detettori per annuncio bus</i>	<i>indicare con Si o No se si desidera la posa di detettori per l'annuncio dei mezzi pubblici o di veicoli prioritari. In caso di risposta affermativa sarà necessario prevedere delle condizioni particolari di semaforizzazione per agevolare il transito di questi mezzi. Le condizioni particolari vanno definite caso per caso.</i>

Valutazione della velocità di cantiere (vedi tabelle 1 e 1a)

<i>P.to 3.1 Categoria veicolare</i>	Inserire la sigla VL (veicoli leggeri) se dal cantiere transitano solo veicoli leggeri, oppure scegliere VP se dal cantiere transitano anche veicoli pesanti.
<i>P.to 3.2 Velocità di base</i>	<i>La velocità di base va scelta in funzione della Tabella 1a "Valutazione velocità base". La tabella 1a è suddivisa in due sottotabelle, la prima permette di valutare la velocità base per il transito comprensiva dei veicoli pesanti, mentre la seconda permette la valutazione della velocità per il transito di soli veicoli leggeri. La velocità è in funzione della Distanza tra i semafori di cantiere (Tabella 1 - Pto 1) e dalla pendenza media stradale (Tabella 1 - Pto 2).</i>
<i>P.to 3.3 Velocità biciclette</i>	In caso di presenza biciclette, per ogni corsia va inserita la velocità secondo le indicazioni della Tabella 1 - Pto c) considerando la pendenza stradale.
<i>P.to 3.4 Velocità di cartello</i>	Inserire il limite di velocità per il tratto di cantiere.
<i>P.to 3.5 Velocità con manto stradale dissestato</i>	Inserire la velocità di 30 km/h se il manto stradale è dissestato (ad esempio a causa dei lavori di rimozione del manto presso il cantiere).

3.3. Programma semaforico - tabelle di calcolo

A dipendenza delle varie situazioni (per esempio, mattina, sera, durante in giorno, a mezzogiorno, giorni feriali / festivi, ecc) si dovranno elaborare i relativi programmi, in funzione dei flussi di traffico, che andranno inseriti nell'apparecchio di regolazione del semaforo.

Il ciclo di un programma semaforico per un impianto di cantiere è composto dalla somma dei tempi d'arancio, verde e rosso riassunta secondo lo schema indicato nella *Figura 2 "Schema programma semaforico"*.

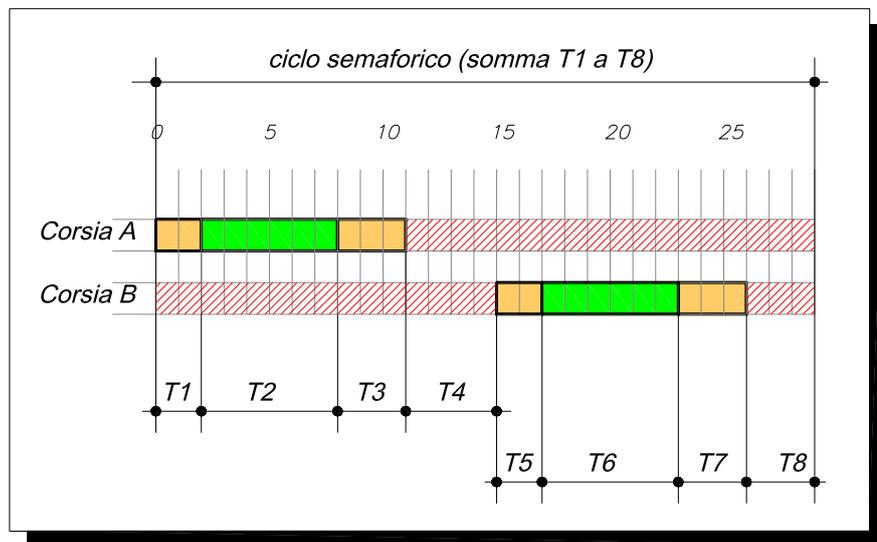
I tempi d'arancio fissi sono i seguenti:

T1 e T5 = tempo arancio prima del verde = 2 sec

T3 e T7 = tempo arancio prima del rosso = 3 sec

Il tempo di via libera (T2 e T6) come pure il tempo di transizione con tutto rosso (T4 e T8) sono invece valutati in funzione dei dati base indicati nella Tabella 1 e delle tabelle di calcolo.

Figura 2 Schema programma semaforico



Di seguito sono fornite le indicazioni per l'utilizzo delle Tabelle 2 a 4 necessarie per la valutazione dei tempi di verde per singola corsia (T2 e T5) e dei tempi di transizione (T4 e T8) del programma semaforico.

I tempi semaforici sono riassunti nella *tabella 5 "tempi di semaforizzazione"* che potrà essere utilizzata per la programmazione del semaforo di cantiere.

3.3.1. Tabella 2 - Valutazione dei tempi rossi

Questa tabella consente di valutare il tempo di rosso per ogni singola corsia di marcia, in funzione della distanza tra i semafori di cantiere (Tabella 1 - Punto 1) e della velocità di cantiere (Tabella 1 - Punto 3),

I valori dei singoli tempi rossi vanno riportati nella Tabella 5 (T4 e T8), mentre la somma dei tempi rosso è da riportare nella Tabella 3.

Da rilevare che la distanza tra i semafori di cantiere reale, va arrotondata in eccesso in funzione dei dati disponibili nella tabella.

3.3.2. Tabella 3 - Valutazione dei tempi verdi (somma delle 2 corsie di marcia)

Questa tabella consente di valutare la somma del tempo verde in funzione della somma dei tempi rossi (vedi tabella 2 - Punto f) e della somma dei flussi di traffico (Tabella 1 - Punto 4).

La somma dei tempo rossi e la somma dei flussi di traffico ottenuti vanno arrotondati in eccesso.

I risultati della tabella sono evidenziati in funzione del livello di servizio che fornisce la misura qualitativa per descrivere le condizioni operative del flusso di traffico e la percezione degli utenti in relazione alla regolazione semaforica.

In particolare, per gli incroci semaforizzati il livello di servizio è definito in termini di ritardo totale medio di ogni singolo automobilista secondo la seguente tabella

Livelli di servizio

Livello di servizio	Condizioni operative	Ritardo totale medio [sec/veh]
A	La progressione dei veicoli è molto favorevole e la maggior parte dei veicoli arriva durante la fase verde e non si ferma	≤ 10
B	Buona progressione; i veicoli si fermano più che nel Livello A	> 10 e ≤ 20
C	Discreta progressione con un numero significativo di veicoli che si fermano (tuttavia ancora molti passano attraverso l'incrocio senza fermarsi). Possono verificarsi singoli casi di veicoli che non riescono a passare in un ciclo	> 20 e ≤ 35
D	Sfavorevole progressione con numerose fermate dei veicoli. Evidenti casi di veicoli che non passano in un ciclo	> 35 e ≤ 55
E	Scarsa progressione con frequenti casi di veicoli che non passano in un ciclo	> 55 e ≤ 80
F	Scarsa progressione con numerosi casi di veicoli che non passano in un ciclo	< 80

Per un adeguato funzionamento dell'impianto semaforico, devono essere presi in considerazione unicamente i risultati relativi ai gradi di servizio A - D.

In caso negativo devono essere ricercate delle soluzioni alternative quali:

- prevedere la regolazione del traffico con agenti;
- ridurre la lunghezza del cantiere;
- deviare il traffico lento (ad esempio bici) su percorsi alternativi.

In casi eccezionali l'operatore può considerare anche i tempi verdi che portano a livello di servizio E. In questo caso la formazione di colonna può diventare considerevole.

La somma del tempo verde va riportata nella tabella 4 - Punto d).

3.3.3. Tabella 4 - Ripartizione del tempo verde

Questa tabella permette di calcolare il tempo verde per le due corsie di marcia in funzione dei flussi di traffico nelle opposte direzioni di marcia.

Per quanto attiene alla ripartizione del traffico, nella tabella 4 l'operatore deve scegliere la riga che si avvicina maggiormente alla situazione reale.

I risultati ottenuti vanno riportati nella Tabella 5 (T2 e T6).

3.3.4. Tabella 5 - Tempi di semaforizzazione

La tabella 5 contiene i risultati ottenuti dalle tabelle 2 a 4 e fornisce le indicazioni necessarie per la programmazione semaforica di un impianto provvisorio di cantiere.

4. CONCLUSIONI

La presente procedura fornisce gli elementi base per valutare la necessità e per programmare un impianto semaforico di cantiere con transito veicolare alternato su una sola corsia di marcia. La procedura è applicabile per cantieri di strade principali e secondarie all'interno o fuori località, ma non può essere utilizzata per cantieri autostradali o superstrade.

La procedura può essere usata per determinare più programmi semaforici variando unicamente i flussi di traffico da considerare (vedi Tabella 1 - Punti 4 e 5). In questo caso si dovrà procedere unicamente alle valutazioni dei tempi di via libera con la procedura indicata nelle Tabelle 3 e 4 mantenendo le valutazioni dei tempi rossi calcolate con la Tabella 2.

I tempi indicati nella Tabella 5 (T1 a T8) possono essere utilizzati sia per la programmazione di un impianto semaforico con tempi fissi sia per la programmazione di un impianto semaforico con tempi variabili (utilizzo di radar o spire detettrici).

In un impianto semaforico con tempi fissi, le fasi semaforiche si alternano secondo i tempi riassunti nella tabella 5 (T1 a T8) indipendentemente dal traffico reale.

Di notte, ad esempio, il semaforo commuterà su verde anche in assenza di traffico. Questo tipo di programmazione è rigido ed è performante solo con flussi di traffico reali simili a quelli utilizzati per i calcoli (vedi Tabella 1 - Punto 4).

In un impianto semaforico con tempi variabili la presenza di veicoli è rilevata da radar o spire detettrici; i tempi di verde calcolati (vedi tabella 5) sono effettivi solo quando il traffico è sempre presente su entrambe le direzioni di marcia.

Quando in una direzione non ci sono veicoli l'impianto commuta su rosso anche se non è trascorso il tempo di verde programmato. Nella direzione opposta il tempo di via libera può, di conseguenza, essere anticipato.

I tempi di verde T2 e T5 vanno considerati come tempi massimi di via libera. Il programma necessita anche di un tempo minimo di via libera che per le strade cantonali è di 10 sec.

Con tempi variabili, la gestione del traffico sarà più elastica e garantirà maggior flessibilità in funzione dei flussi di traffico reali.

In conclusione, per avere un impianto semaforico performante, si dovranno avere più programmi semaforici in funzione dei flussi di traffico. Il semaforo dovrà essere munito di radar o spire detettrici funzionanti per la gestione del traffico nelle ore dove quest'ultimo è debole (tempi variabili). Di conseguenza si eviteranno attese inutili all'utenza stradale.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Strassen Projektierung (Prof. Dietrich) - cap. 8.2.3 Richwerte
- [2] Transporttechnik - IVT ETH -Strassenknoten
- [3] Norma VSS-SN 640.138a, Corsie addizionali in rampa - Fig.2
- [4] Norma VSS-SN 640.837, Installazione di semafori -Tempi transitori e tempi minimi
- [5] Norma VSS-SN 640.838, Tempi interverde
- [6] Transyt User guide (LOS basato su HCM 1994 tavola 9.1)

6. TABELLE DI CALCOLO

- Tabella 1 Dati di base
- Tabella 2 Valutazione dei tempi rossi
- Tabella 3 Tempo verde
- Tabella 4 Ripartizione del tempo verde
- Tabella 5 Tempi di semaforizzazione

7. ESEMPI

- Esempio 1 verifica opportunità di cantiere senza semafori
- Esempio 2 programmi semaforici

TABELLA 1 Dati di base

Vers 1.2

Pto	Dati di base	Corsia A	Corsia B	Totale
1	Distanza tra i semafori di cantiere metri			
2	Pendenza media della strada %			
3	Velocità di cantiere (vedi Punto a) Km/h			
4	Flussi di traffico veic/ora			
5	Flussi di traffico percentuali %			100%
6	Presenza bus / veicoli prioritari (Si / No)			
7	Posa detettori per annuncio bus/veicoli prioritari. Condizioni particolari da definire caso per caso (Si / No)			

a) Valutazione della velocità di cantiere

		Corsia A	Corsia B
3.1	Categoria veicolare (vedi Punto b) (VL o VP)		
3.2	Velocità di base (vedi tabella 1a) Km/h		
3.3	Velocità biciclette (vedi Punto c) Km/h		
3.4	Velocità di cartello (vedi Punto d) Km/h		
3.5	Velocità con manto stradale dissestato (30 Km/h - vedi Punto e) Km/h		
3	Velocità di cantiere (vedi punto f) Km/h		

b) VP se il flusso di traffico comprende veicoli pesanti
VL se il flusso di traffico non comprende veicoli pesanti

c) In caso di presenza di biciclette inserire al punto 3.3 le velocità secondo la tabella seguente

Pendenza	Velocità biciclette
discesa - 5% e oltre	25 Km/h
pianura -5% a +5%	18 Km/h
salita 5 a 10%	10 Km/h
salita oltre 10%	5 Km/h

d) Velocità di cartello presso il cantiere

e) Se il manto stradale è dissestato inserire V = 30 Km/h

f) Per ogni corsia scegliere la velocità minima dei punti 3.2 - 3.5

TABELLA 1a - Valutazione velocità di base

Vers 1.2

Dati di base

a)	Pendenza media della strada - Corsia A	%
b)	Pendenza media della strada - Corsia A	%
c)	Distanza tra i semafori di cantiere	m

vedi Tabella 1 - Punto 2 - colonna "Corsia A"
 vedi Tabella 1 - Punto 2 - colonna "Corsia B"
 vedi Tabella 1 - Punto 1

La lunghezza del cantiere va arrotondata per eccesso
 (ad esempio per una lunghezza di cantiere di 62 m scegliere la
 colonna 70 m)

Pendenza %	Presenza Veicoli pesanti (VP) - Valutazione della velocità di base CON PRESENZA DI VEICOLI PESANTI																											
	Lunghezza del cantiere in metri - vedi punto c)																											
vedi punti a) e b)	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1000	
discesa - 5% e oltre	15	15	15	20	20	20	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
planura -5% a +5%	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	20	20	20	25	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	35
salita 5 a 10%	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	20	20	20	20	25	25	25	25	25	30	30
salita oltre 10%	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15

Pendenza %	Solo veicoli leggeri (VL) - Valutazione della velocità di base SENZA PRESENZA DI VEICOLI PESANTI																											
	Lunghezza del cantiere in metri - vedi punto c)																											
vedi punti a) e b)	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1000	
discesa - 5% e oltre	30	30	30	30	30	35	35	40	40	40	45	45	45	50	50	50	50	50	55	55	55	55	55	55	55	55	55	60
planura -5% a +5%	20	20	25	25	25	25	30	30	35	35	35	40	40	40	45	45	45	50	50	50	50	55	55	55	55	55	55	55
salita 5 a 10%	20	20	20	20	20	25	25	30	30	30	30	35	35	40	40	40	40	45	45	45	50	50	50	50	50	50	55	55
salita oltre 10%	15	15	15	15	20	20	25	25	25	25	30	30	35	35	40	40	40	45	45	45	45	45	50	50	50	50	55	55

Risultati

d)	Velocità di base corsia A	Km/h
e)	Velocità di base corsia B	Km/h

Risultato da riportare nella Tabella 1 - Punto 3.2 - "Corsia A"

Risultato da riportare nella Tabella 1 - Punto 3.2 - "Corsia B"

TABELLA 2 - Valutazione dei tempi rossi (tempo rosso per singola corsia e somma dei tempi rossi)

Vers 1.2

Dati di base	
a) Velocità di cantiere Corsia A	Km/h
b) Velocità di cantiere Corsia B	Km/h
c) Distanza tra i semafori di cantiere	m

vedi **Tabella 1 - Punto 3 - colonna "corsia A"**
 vedi **Tabella 1 - Punto 3 - colonna "corsia B"**
 vedi **Tabella 1 - Punto 1**

La distanza tra i semafori va arrotondata per eccesso
 (ad esempio per una lunghezza di cantiere di 62 m scegliere la colonna 70 m)

Velocità vedi punti a) e b) Km/h	Distanza tra i semafori di cantiere in metri - vedi punto c)																										
	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1000
5	7	10	14	17	21	28	35	43	50	57	64	71	86	100	115												
10	3	5	7	8	10	14	17	21	25	28	32	35	43	50	57	64	71	89	107								
15	2	3	4	5	7	9	11	14	16	19	21	23	28	33	38	43	47	59	71	83	95	107					
18	1	2	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	23	27	31	35	39	49	59	69	79	89	99	119			
20	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	17	21	25	28	32	35	44	53	62	71	80	89	107			
25	1	2	2	3	4	5	7	8	10	11	12	14	17	20	23	25	28	35	43	50	57	64	71	86	100	115	
30	1	1	2	2	3	4	5	7	8	9	10	11	14	16	19	21	23	29	35	41	47	53	59	71	83	95	
35	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	35	41	46	51	61	71	82	102
40	1	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	8	10	12	14	16	17	22	26	31	35	40	44	53	62	71	89
45	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	9	11	12	14	15	19	23	27	31	35	39	47	55	63	79
50	1	1	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	10	11	12	14	17	21	25	28	32	35	43	50	57	71
55	1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	9	10	11	13	16	19	22	26	29	32	39	45	52	65
60	1	1	1	1	1	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9	10	11	14	17	20	23	26	29	35	41	47	59

Con la tabella si determina il tempo rosso di una singola corsia, in funzione della velocità di cantiere e della distanza tra i semafori di cantiere.

Risultati

d) Tempo rosso Corsia A	sec
e) Tempo rosso Corsia B	sec
f) Somma dei tempi rossi	sec

Risultato da riportare nella **Tabella 5 - Punto T4**

Risultato da riportare nella **Tabella 5 - Punto T8**

Risultato da riportare nella **Tabella 3 - Punto d)**

TABELLA 3 - Tempo verde (somma delle 2 corsie di marcia)

Vers 1.3

Arrotondare in eccesso la somma dei tempi di rosso e la somma dei flussi di traffico
 (esempi: per somma rosso = 34 sec scegliere la colonna 38 sec; per somma dei flussi = 450 veicoli scegliere la colonna 500 veicoli/ora)

Dati di base
 a) Flusso di traffico corsia A - vedi Tabella 1 - Punto 4 - colonna "corsia A"
 b) Flusso di traffico corsia B - vedi Tabella 1 - Punto 4 - colonna "corsia B"
 c) Somma dei flussi di traffico - vedi Tabella 2 - Punto f)
 d) Somma dei tempi di rosso - vedi Tabella 2 - Punto f)

		Somma dei tempi di rosso per le due corsie di marcia - vedi punto d)																									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	38	44	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Somma dei Flussi di traffico (veicoli/ora) - vedi punto c)	100	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	200	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	300	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	400	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	500	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	600	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	700	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	800	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	900	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	1000	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	1100	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	1200	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	1300	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	1400	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	1500	80	100	110	130	150	160	180	200	200	220	220															
	1600	110	130	140	140	200	200	220	240	260	260																
1700	260	260	260	260																							
1800	280																										

Risultati

e) Somma del Tempo di Verde sec

f) Livello di servizio

Risultato da riportare nella Tabella 4 - punto d)

Risultato da riportare nella Tabella 5 - (Livello di servizio)

Livello di servizio A - C
 Livello di servizio D
 Livello di servizio E
 Livello di servizio F

TABELLA 4 Ripartizione del tempo di verde

Vers 1.2

Dati di base

	veicoli/ora		Percentuale	
a) Flusso di traffico Corsia A	veic/ora	veic/ora	%	%
b) Flusso di traffico Corsia B	veic/ora	veic/ora	%	%
c) Somma dei flussi di traffico	veic/ora	veic/ora	100	%
d) Somma dei tempi di verde	sec			

ved *Tabella 1 - Punti 4 e 5 - Colonna "Corsia A"*

ved *Tabella 1 - Punti 4 e 5 - Colonna "Corsia B"*

a) + b)

ved *Tabella 3 - Punto e)*

		Somma dei tempi di verde (sec) - vedi punto d)																							
		30	36	40	46	50	56	60	66	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200	220	240	260	280
Ripartizione flussi di traffico (%) - vedi punto a) e b)	Corsia A 60%	20	26	30	36	40	44	48	53	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	144	160	176	192	208	224
	Corsia B 20%	10	10	10	10	10	12	12	13	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	44	48	52	56
	Corsia A 70%	20	25	28	32	35	40	42	46	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	126	140	154	168	182	196
	Corsia B 30%	10	11	12	14	15	16	18	20	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	54	60	66	72	78	84
	Corsia A 60%	18	21	24	28	30	34	36	40	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	108	120	132	144	156	168
	Corsia B 40%	12	15	16	18	20	22	24	26	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	72	80	88	96	104	112
	Corsia A 50%	15	18	20	23	25	28	30	33	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140
	Corsia B 50%	15	18	20	23	25	28	30	33	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140
	Corsia A 40%	12	15	16	18	20	22	24	26	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	72	80	88	96	104	112
	Corsia B 60%	18	21	24	28	30	34	36	40	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	108	120	132	144	156	168
	Corsia A 30%	10	11	12	14	15	16	18	20	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	54	60	66	72	78	84
	Corsia B 70%	20	25	28	32	35	40	42	46	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	126	140	154	168	182	196
	Corsia A 20%	10	10	10	10	10	12	12	13	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	44	48	52	56
Corsia B 80%	20	26	30	36	40	44	48	53	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	144	160	176	192	208	224	

Risultati

e) Tempo verde Corsia A	sec
f) Tempo verde Corsia B	sec

Risultato da riportare nella *Tabella 5 - Punto T2*

Risultato da riportare nella *Tabella 5 - Punto T6*

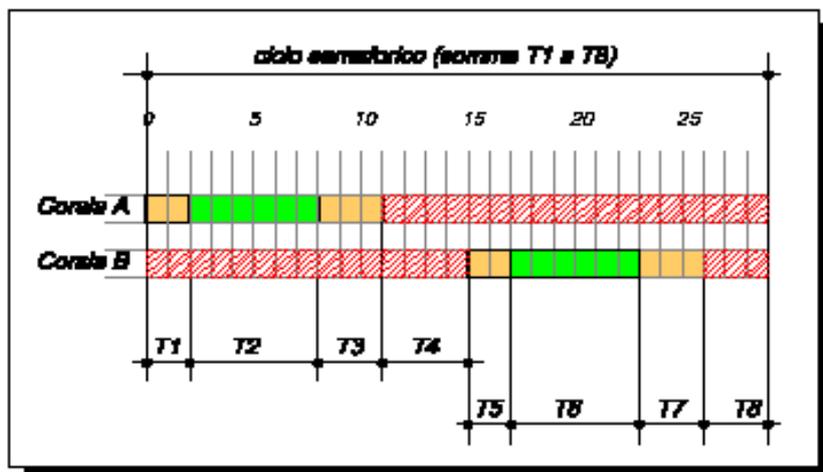
TABELLA 5 Tempi di semaforizzazione

Vers 1.2

	Corsia A			Corsia B			Osservazioni
T1	Arancio	2	sec	Rosso			-
T2	Verde	.....	sec	Rosso			vedi Tabella 4 - punto e)
T3	Arancio	3	sec	Rosso			-
T4	Rosso	.....	sec	Rosso			vedi Tabella 2 - punto d)
T5	Rosso			Arancio	2	sec	-
T6	Rosso			Verde	.....	sec	vedi Tabella 4 - punto f)
T7	Rosso			Arancio	3	sec	-
T8	Rosso			Rosso	.....	sec	vedi Tabella 2 - punto e)

Livello di servizio vedi Tabella 3 - punto f)

Lunghezza del ciclo: Somma T1 a T8 = sec



Esempio 1 - Verifica opportunità di cantiere senza semafori

Dati conosciuti:

- il cantiere ha una lunghezza di 27 metri;
- per le due direzioni di marcia la lunghezza effettiva di visibilità misurata in loco è di 130 metri;
- la velocità di cartello è di 50 km/h;
- i flussi veicolari massimi durante i periodi della giornata sono i seguenti:

Periodo	Traffico orario massimo Corsia A	Traffico orario massimo Corsia B
Notte (20.00-7.00)	35 v/h	15 v/h
Giorno (9.00-16.00 e 18.00-20.00)	90 v/h	100 v/h
Punta della mattina (7.00-9.00)	175 v/h	250 v/h
Punta della sera (16.00-18.00)	190 v/h	500 v/h

Domanda:

È necessario un impianto semaforico per regolare il traffico?

In caso affermativo, per quali periodi della giornata è necessario programmare il semaforo?

Risposte:

- a) Verifica legata alla visibilità degli automobilisti per determinare la possibilità di un cantiere senza impianto semaforico (vedi Capitolo 2 - Punto a))

$$S_{\text{effettiva}} = 130 \text{ metri}$$

$$S_{\text{arresto}} = 60 \text{ metri}$$

$$S_{\text{visibilità di cantiere}} = 27 + 20 = 47 \text{ metri}$$

$$S_{\text{min}} = 60 + 47 = 107 \text{ metri}$$

$$S_{\text{effettiva}} > S_{\text{min}} \quad \text{quindi, per l'aspetto legato alla visibilità, non è necessario un impianto semaforico di cantiere}$$

- b) Verifica legata alla lunghezza ammissibile del cantiere per per determinare la gestione del traffico con o senza regolazione semaforica (vedi Capitolo 2 - Punto b))

L cantiere = 27 metri:

I flussi massimi per una regolazione senza cantiere sono (vedi Cap. 2 - punto b) - tab flussi di traffico massimi):

Corsia A = 200 v/h

Corsia B = 300 v/h

La condizione non è rispettata solo per il periodo di punta della sera (16.00 -18.00) perchè il traffico della corsia B (500 v/h) è superiore a quello massimo consentito (300 v/h)

- c) Conclusione

Il cantiere necessita di una regolazione del traffico perchè la condizione legata alla lunghezza ammissibile del cantiere non è rispettata durante il periodo di punta serale (vedi Punto b).

Per gli altri periodi della giornata le condizioni ai Punti a) e b) sono invece rispettate.

La regolazione del traffico è necessaria unicamente dalle 16.00 alle 18.00. Questa potrà essere effettuata con un impianto semaforico o gestita manualmente con apposite palette da personale qualificato. Se si dovesse posare il semaforo, quest'ultimo dovrà essere spento o messo su lampeggiante durante il resto della giornata..

Esempio 2 - Programmi semaforici

Dati conosciuti:

- la distanza tra i semafori del cantiere è di 66 metri;
- la pendenza della strada è del 8% circa (discesa per la corsia A);
- per entrambe le corsie non è prevista la presenza di veicoli pesanti;
- le biciclette sono deviate su un percorso alternativo;
- la velocità di cartello è di 60 km/h;
- il manto stradale sulla corsia transitabile è in buone condizioni;
- non è necessaria una regolazione speciale per bus o mezzi prioritari;
- il traffico durante i vari periodi della giornata è il seguente

Periodo	Traffico orario massimo Corsia A	Traffico orario massimo Corsia B
Notte (20.00-7.00)	85 v/h	75 v/h
Giorno (9.00-16.00 e 18.00-20.00)	180 v/h	180 v/h
Punta della mattina (7.00-9.00)	280 v/h	575 v/h
Punta della sera (16.00-18.00)	700 v/h	430 v/h

Domanda:

Completare la tabella 1 con i dati di base per la punta della sera e valutare i tempi di semaforizzazione per i vari periodi della giornata (T1 a T8).

Risposte

Di seguito sono indicati in forma tabellare i risultati secondo le tabelle di calcolo da 1 a 5.

Tabella 1 - vedi allegato 1

Tabella 2 - Dati base

a)	Velocità di cantiere corsia A	40 km/h
b)	Velocità di cantiere corsia B	30 km/h
c)	Distanza tra i semafori di cantiere	66 m

Tabella 2 - Risultati

d)	Tempo rosso corsia A	6 sec
e)	Tempo rosso corsia B	8 sec
f)	Somma dei tempi di rosso	14 sec

Tabella 3 - Dati base

	Notte	Giorno	Punta mattina	Punta sera
a) Flusso di traffico corsia A	85 v/h	180 v/h	280 v/h	700 v/h
b) Flusso di traffico corsia B	75 v/h	180 v/h	575 v/h	430 v/h
c) Somma dei flussi di traffico	160 v/h	360 v/h	855 v/h	1130 v/h
d) Somma dei tempi di rosso	14 sec	14 sec	14 sec	14 sec

Tabella 3 - Risultati

	Notte	Giorno	Punta mattina	Punta sera
e) Somma dei tempi di verde	30 sec	30 sec	46 sec	80 sec
f) Livello di servizio	A - C	A - C	A - C	D

Tabella 4 - Dati base

	Notte	Giorno	Punta mattina	Punta sera
a) Flusso di traffico corsia A	85 v/h - 53%	180 v/h - 50%	280 v/h - 33%	700 v/h - 62%
b) Flusso di traffico corsia B	75 v/h - 47%	180 v/h - 50%	575 v/h - 67%	430 v/h - 38%
c) Somma dei flussi di traffico	160 v/h - 100%	360 v/h - 100%	855 v/h - 100%	1'130 v/h - 100%
d) Somma dei tempi di verde	30 sec	30 sec	46 sec	80 sec

Tabella 4 - Risultati

	Notte	Giorno	Punta mattina	Punta sera
e) Tempo verde corsia A	15 sec	15 sec	14 sec	48 sec
f) Tempo verde corsia B	15 sec	15 sec	32 sec	32 sec

Tabella 5 - Risultati T1 a T8

	Notte	Giorno	Punta mattina	Punta sera
T1 Arancio corsia A	2 sec	2 sec	2 sec	2 sec
T2 Verde corsia A	15 sec	15 sec	14 sec	48 sec
T3 Arancio corsia A	3 sec	3 sec	3 sec	3 sec
T4 Rosso corsia A	6 sec	6 sec	6 sec	6 sec
T5 Arancio corsia B	2 sec	2 sec	2 sec	2 sec
T6 Verde corsia B	15 sec	15 sec	32 sec	32 sec
T7 Arancio corsia B	3 sec	3 sec	3 sec	3 sec
T8 Rosso corsia B	8 sec	8 sec	8 sec	8 sec
Lunghezza del ciclo	54 sec	54 sec	70 sec	104 sec
Livello di servizio	A - C	A - C	A - C	D

ESEMPIO 2 - TABELLA 1 Dati di base

Vers 1.2

Pto	Dati di base	Corsia A	Corsia B	Totale
1	Distanza tra i semafori di cantiere metri	66		
2	Pendenza media della strada %	- 8%	+ 8%	
3	Velocità di cantiere (vedi Punto a) Km/h	40	30	
4	Flussi di traffico veic/ora	700	430	1130
5	Flussi di traffico percentuali %	62%	38%	100%
6	Presenza bus / veicoli prioritari (Si / No)	No	No	
7	Posa detettori per annuncio bus/veicoli prioritari. Condizioni particolari da definire caso per caso (Si / No)	No	No	

a) *Valutazione della velocità di cantiere*

		Corsia A	Corsia B
3.1	Categoria veicolare (vedi Punto b) (VL o VP)	VL	VL
3.2	Velocità di base (vedi tabella 1a) Km/h	40	30
3.3	Velocità biciclette (vedi Punto c) Km/h	--	--
3.4	Velocità di cartello (vedi Punto d) Km/h	40	30
3.5	Velocità con manto stradale dissestato (30 Km/h - vedi Punto e) Km/h	--	--
3	Velocità di cantiere (vedi punto f) Km/h	40	30

- b) *VP se il flusso di traffico comprende veicoli pesanti
VL se il flusso di traffico non comprende veicoli pesanti*

- c) *In caso di presenza di biciclette inserire al punto 3.3 le velocità secondo la tabella seguente*

Pendenza	Velocità biciclette
discesa - 5% e oltre	25 Km/h
pianura -5% a +5%	18 Km/h
salita 5 a 10%	10 Km/h
salita oltre 10%	5 Km/h

- d) *Velocità di cartello presso il cantiere*

- e) *Se il manto stradale è dissestato inserire V = 30 Km/h*

- f) *Per ogni corsia scegliere la velocità minima dei punti 3.2 - 3.5*