

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BOLOGNA

**ANNO ACCADEMICO
2003/2004**

TECNICA DEL TRAFFICO
Prof. PRAITONI

GRUPPO F

LEROSE SALVINO
D'ANDREA' DESIREE'
LANI SIMONE
GERMANI SIMONE
DALL'OLIO FILIPPO

ESERCIZIO 2

studiare il ciclo semaforico dell'intersezione fra via Marconi e via Emilia (area suburbana) in cui Via Marconi corrisponde alla direzione EB/WB. Via Emilia è a senso unico in direzione NB.

Caratteristiche fisiche dell'intersezione:

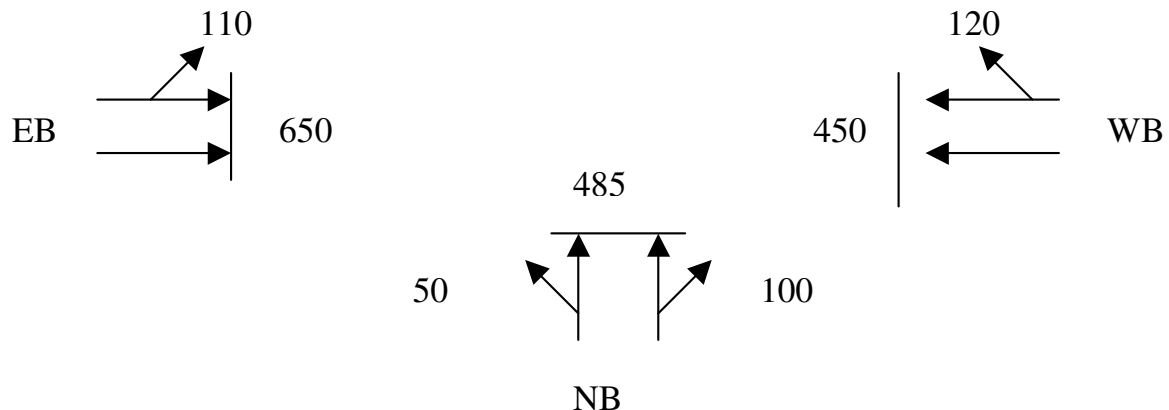
- EB, WB a due carreggiate separate con due corsie ciascuna
- NB, SB semplice carreggiata con due corsie unidirezionali
- Corsie di 3,60 m
- Corsie pedonali di 3 m
- Pendenza del 2% su WB
- Fermate bus su EB, WB
- Parcheggio in fila su entrambi i lati di NB

Caratteristiche del traffico:

- Flussi veicolari in approccio come da schema (veic/h)
- Domanda iniziale nulla
- Caratteristiche di tipo 3 degli arrivi
- Veicoli pesanti: 12% su EB; 10% su WB; 6% su NB
- PHF = 0,90
- 60 pedoni /ora su tutti i rami di approccio
- 10 bus/h alle due fermate

Caratteristiche di segnalamento:

Ciclo e fasatura da definire per ottenere un Los non inferiore a D



- È richiesta la presentazione di una breve relazione illustrativa
- Utilizzare e presentare le Worksheet disponibili per la valutazione della capacità e del LOS
- Verificare il calcolo effettuato e modificare eventualmente il ciclo progettato utilizzando il software HCS , presentando il *detailed report*.

Dallo studio della configurazione delle corsie (già assegnata) si è ritenuto opportuno fissare un solo gruppo di corsie per ciascun ramo di approccio all'intersezione in quanto il segnale di verde per una sola delle due corsie, essendo sempre almeno una di esse condivisa, avrebbe dato luogo a malcontento e manovre pericolose.

Si è deciso di far transitare contemporaneamente i veicoli provenienti da EB e WB e successivamente quelli da NB. Un settaggio semaforico avrebbe però reso difficoltosa la svolta a sinistra per gli utenti di EB; si è pensato quindi di introdurre una fase intermedia che rendesse tale svolta protetta.

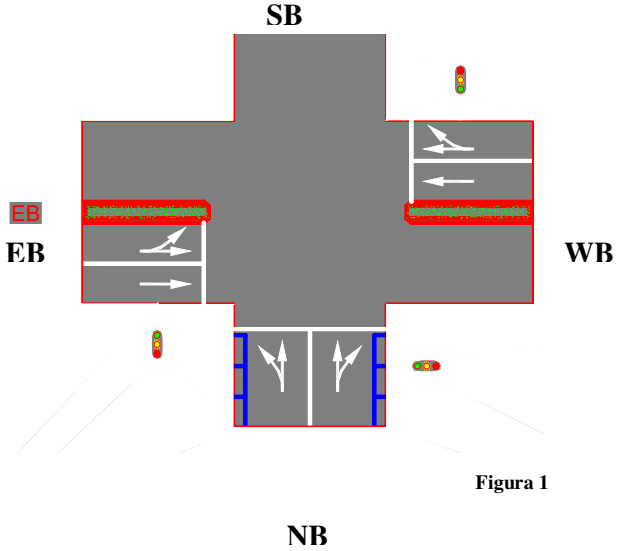


Figura 1

Riassumendo, il ciclo semaforico è stato ripartito in tre fasi (figura 2):

	fase I		fase II		fase III	
	rosso	verde	rosso	verde	rosso	verde
SEMAFORO PER AUTO	NB	EB, WB	WB, NB	EB	EB, WB	NB
SEMAFORO PER PEDONI	EB, WB	SB, NB	SB, EB, WB	NB	SB, NB	EB, WB

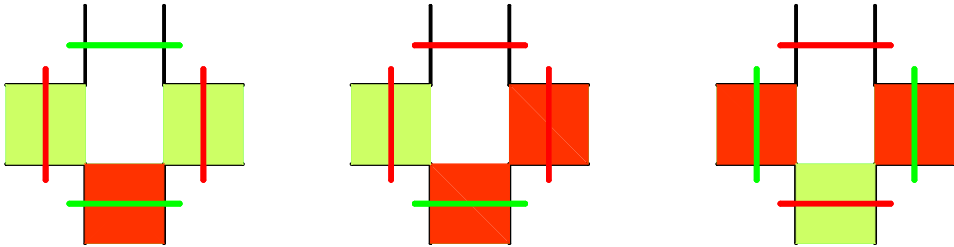


Figura 2

Gli attraversamenti pedonali sono stati permessi su tutti e quattro i bracci, cercando di minimizzare i rischi.

Si è proceduti, quindi, al calcolo del flusso di saturazione reale per ciascun gruppo di corsie (G.d.C.), ponendo attenzione sul fatto che il ramo EB presenta due valori diversi di saturazione nella fase I e nella fase II, dette rispettivamente S_{EB}^1, S_{EB}^2 : infatti nel calcolo di S_{EB}^1 si dovrà tener conto dell'intralcio per la svolta a sinistra data dai veicoli provenienti dalla direzione opposta; viceversa in S_{EB}^2 verrà utilizzato solo il coefficiente riduttivo dovuto al rallentamento implicato dalla manovra di svolta.

La formula generale del flusso di saturazione reale è la seguente:

$$S = S_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{LPb} \cdot f_{RPb}$$

- Flusso di saturazione ideale

$$S_0 = \frac{3600}{\tau} = \left[\frac{\text{veic}}{h \cdot \text{corsia}} \right]$$

- N = numero di corsie per G.d.C.

$$N_{EB}^1 = N_{EB}^2 = N_{WB} = N_{NB} = 2$$

- f_w = coefficiente che tiene conto della larghezza della corsia

$$f_w = 1 + \frac{w - 3,6}{9}$$

- la larghezza delle corsie è pari a $L = 3,6m$ quindi si hanno i valori:

$$f_{w_{EB}}^1 = f_{w_{EB}}^2 = f_{w_{WB}} = f_{w_{NB}} = 1$$

- f_{HV} = coefficiente che tiene conto della presenza di veicoli pesanti

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%VH \cdot (ET - 1)}$$

dove:

$$f_{HV_{EB}}^1 = f_{HV_{EB}}^2 = \frac{100}{100 + 12 \cdot (2 - 1)} = 0,89$$

$$f_{HV_{WB}} = \frac{100}{100 + 10 \cdot (2 - 1)} = 0,90$$

$$f_{HV_{NB}} = \frac{100}{100 + 6 \cdot (2 - 1)} = 0,94$$

- f_g = coefficiente che tiene conto della pendenza della strada

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$$

dove:

$$f_{g_{EB}}^1 = f_{g_{EB}}^2 = f_{g_{NB}} = 1 - \frac{0}{200} = 1$$

$$f_{g_{WB}} = 1 - \frac{2}{200} = 0,99$$

- f_p = coefficiente che tiene conto della presenza di parcheggi

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_n}{3600}}{N}$$

dove:

$$f_{p_{EB}}^1 = f_{p_{EB}}^2 = f_{p_{WB}} = 1$$

$$f_{p_{NB}} = \frac{2 - 0,1 - \frac{18 \cdot 5}{3600}}{2} = 0,937$$

- f_{bb} = coefficiente che tiene conto delle fermate degli autobus

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 \cdot N_b}{3600}}{N}$$

dove:

$$f_{bb_{NB}} = 1$$

$$f_{bb_{EB}}^1 = f_{bb_{EB}}^2 = f_{bb_{WB}} = \frac{2 - \frac{14,4 \cdot 10}{3600}}{2} = 0,98$$

- f_a = coefficiente che tiene conto del tipo di area

$$\text{area suburbana} \rightarrow f_{a_{EB}}^1 = f_{a_{EB}}^2 = f_{a_{WB}} = f_{a_{NB}} = 1$$

- f_{LU} = coefficiente che tiene conto dell'utilizzo delle corsie

$$f_{LU_{EB}}^1 = f_{LU_{EB}}^2 = f_{LU_{WB}} = f_{LU_{NB}} = 0,98$$

- f_{LT} = coefficiente che tiene conto della svolta a sinistra

$$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0,05 \cdot P_{LT}} \text{ svolta su corsia condivisa}$$

dove:

$$f_{LT_{EB}}^1 = f_{LT_{EB}}^2 = \frac{1}{1 + 0,05 \cdot 0,14} = 0,99$$

$$f_{LT_{NB}} = \frac{1}{1 + 0,05 \cdot 0,079} = 0,996$$

$$f_{LT_{WB}} = 1$$

- f_{RT} = coefficiente che tiene conto della svolta a destra

$$f_{RT} = 1 - 0,15 P_{RT}$$

dove

$$f_{RT_{EB}}^1 = f_{RT_{EB}}^2 = 1$$

$$f_{RT_{WB}} = 1 - 0,15 \cdot 0,21 = 0,97$$

$$f_{RT_{NB}} = 1 - 0,15 \cdot 0,157 = 0,976$$

- f_{LPb} , f_{RPb} = coefficienti che tengono conto dell'intralcio dato dai pedoni rispettivamente nella svolta a sinistra e a destra

$$f_{LPb_{EB}}^1 = f_{RPb_{WB}} = f_{LPb_{NB}} = f_{RPb_{NB}} = 0,95$$

$$f_{LP_{EB}}^2 = f_{RP_{EB}}^1 = f_{RP_{EB}}^2 = f_{LP_{WB}} = 1$$

si hanno così i seguenti valori del flusso di saturazione reale:

$$S_{EB}^1 = 1800 \cdot 2 \cdot 0,89 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,95 = 2894,03$$

$$S_{EB}^2 = 1800 \cdot 2 \cdot 0,89 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 3046,4$$

$$S_{WB} = 1800 \cdot 2 \cdot 0,90 \cdot 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,95 = 2838,75$$

$$S_{WB} = 1800 \cdot 2 \cdot 0,94 \cdot 0,937 \cdot 0,98 \cdot 0,996 \cdot 0,976 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 2726,17$$

Ora si procede al calcolo del rapporto di flusso y per ogni gruppo di corsia

$$y_i = \left(\frac{V}{S} \right)_i$$

Data l'organizzazione delle fasi scelte, si considera ripartito il flusso proveniente da EB tra la fase I e la fase II; si reputa che buona parte dei veicoli che effettuano la manovra di attraversamento si posizioneranno nella corsia di destra per conoscenza pregressa dell'incrocio; di conseguenza si stima: $V_{EB}^1 = 600$ e $V_{EB}^2 = 160$, di cui 110 sono i veicoli intenzionati a svoltare a sinistra, essendoci posti nell'ipotesi peggiore per la quale nessuno di tali veicoli è riuscito a compiere la manovra durante la fase I.

Di conseguenza risulta:

$$y_{EB}^1 = \frac{600}{0,9 \cdot 2894,03} = 0,230$$

$$y_{EB}^2 = \frac{160}{0,9 \cdot 3046,4} = 0,058$$

$$y_{WB} = \frac{570}{0,9 \cdot 2838,75} = 0,223$$

$$y_{NB} = \frac{635}{0,9 \cdot 2726,17} = 0,259$$

Si determina a questo punto il rapporto di flusso critico y_c per ciascuna fase, dato dal maggiore rapporto di flusso tra quelli dei G.d.C. cui è consentita la manovra durante tale fase:

$$y_{c1} = 0,230$$

$$y_{c2} = 0,058$$

$$y_{c3} = 0,259$$

Ora si è in grado di calcolare la durata minima del ciclo C_{\min} data dall'espressione:

$$C_{\min} = \frac{L}{1 - \sum_i y_{ci}}$$

Assumendo dei perditempo di 4sec per fase, risulta $L=12$ sec e quindi:

$$C_{\min} = \frac{12}{1 - (0,230 + 0,058 + 0,259)} = 27 \text{ sec}$$

in tale espressione si è assunto il grado di saturazione critico dell'intersezione x_c pari a 1.

Più in generale, la durata del ciclo è data da:

$$c = \frac{L \cdot x_c}{x_c - \sum_i y_{ci}}$$

da cui deriva che l'altro valore limite di x_c è:

$$x_c = \sum_i y_{ci} = 0,547$$

Si sono fatti alcuni tentativi facendo variare x_c tra il valore trovato e 1 e calcolando la conseguente durata del ciclo; alla fine si è reputato opportuno scegliere

$$x_c = 0,62 \quad \text{e quindi} \quad c = 102 \text{ sec.}$$

Sono stati a questo punto calcolati i verdi effettivi g per ciascuna fase:

$$g = \left(\frac{V}{S} \right)_i \cdot \frac{c}{x_c}$$

ovvero:

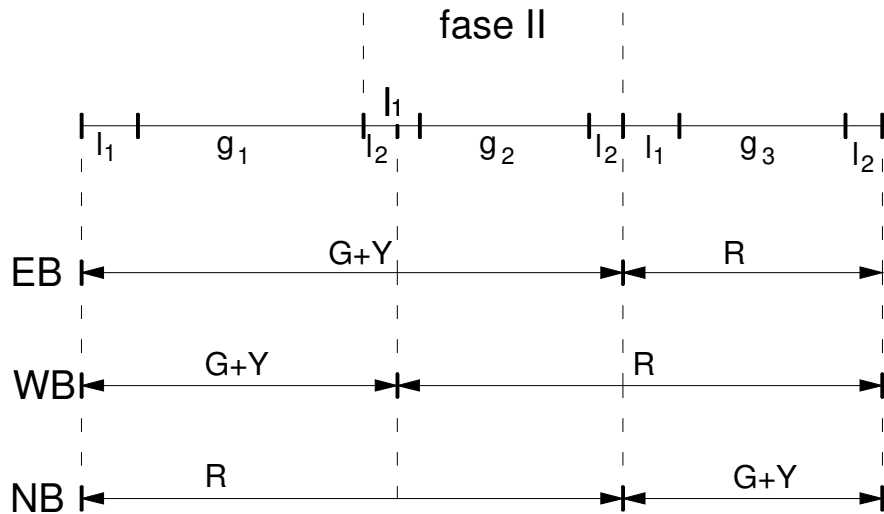
$$g_1 = 0,230 \cdot \frac{102}{0,62} = 38 \text{ sec}$$

$$g_2 = 0,058 \cdot \frac{102}{0,62} = 10 \text{ sec}$$

$$g_3 = 0,259 \cdot \frac{102}{0,62} = 43 \text{ sec}$$

Coerentemente con l'idea di partenza il verde effettivo della seconda fase è risultato più breve degli altri in quanto il suo obiettivo è soprattutto di permettere la svolta a sinistra dei 110 veicoli provenienti da EB, che sono stimati in 2-4 per ciclo.

Riassumendo graficamente il settaggio semaforico per ciascun ramo di approccio dell'intersezione si ha:



Si è pensato di far in parte coincidere il perditempo finale della fase I con quello iniziale della fase II perché il tempo perso dai veicoli di EB intenzionali a svoltare a sinistra dall'inizio del giallo per i veicoli provenienti dalla direzione opposta è dato da due componenti: il tempo impiegato dai veicoli provenienti da WB per liberare l'incrocio e il tempo, più breve, utilizzato dai veicoli di EB per partire.

Le durate assegnate ai perditempo sono le seguenti:

$$l_1(1^\circ \text{ ciclo}), l_2(1^\circ \text{ ciclo}), l_2(2^\circ \text{ ciclo}), l_1(3^\circ \text{ ciclo}), l_2(3^\circ \text{ ciclo}) = 2 \text{ sec}$$

$$l_1(2^\circ \text{ ciclo}) = 3 \text{ sec}$$

si è inoltre considerato il giallo Y pari a 2 sec

risulta quindi:

$$(G+Y)_{EB} = l_1(1^\circ) + g_1 + l_1(2^\circ) + g_2 + l_2(2^\circ) = 2 + 38 + 3 + 10 + 2 = 55 \text{ sec}$$

$$\rightarrow G_{EB} = 53 \text{ sec}$$

$$(G+Y)_{WB} = l_1(1^\circ) + g_1 + l_2(2^\circ) = 2 + 38 + 2 = 42 \text{ sec}$$

$$\rightarrow G_{WB} = 40 \text{ sec}$$

$$(G+Y)_{NB} = l_1(3^\circ) + g_3 + l_2(3^\circ) = 2 + 43 + 2 = 47 \text{ sec}$$

$$\rightarrow G_{NB} = 45 \text{ sec}$$

Si è passati al calcolo del ritardo tramite la formula di Webster:

$$d = 0.9 \cdot \left[\frac{c \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda \cdot x)} + \frac{x}{2 \cdot \lambda \cdot S \cdot (1 - x)} \right]$$

dove λ rappresenta la percentuale di verde effettivo $\left(\lambda = \frac{g}{c} \right)$

$$\lambda_{WB} = \frac{38}{102} = 0,37$$

$$\lambda_{NB} = \frac{43}{102} = 0,42$$

$$\lambda_{EB(1^\circ \text{ ciclo})} = \frac{38}{102} = 0,37$$

$$\lambda_{EB(2^\circ \text{ ciclo})} = \frac{10}{102} = 0,09$$

si hanno dunque i seguenti ritardi:

$$d_{WB} = 0.9 \cdot \left[\frac{102 \cdot (1 - 0,37)^2}{2 \cdot (1 - 0,37 \cdot 0,62)} + \frac{0,62}{2 \cdot 0,37 \cdot 2838,75 \cdot (1 - 0,62)} \right] = 23,64$$

$$d_{NB} = 0.9 \cdot \left[\frac{102 \cdot (1 - 0,42)^2}{2 \cdot (1 - 0,42 \cdot 0,62)} + \frac{0,62}{2 \cdot 0,42 \cdot 2726,17 \cdot (1 - 0,62)} \right] = 20,88$$

$$d_{EB(faseI)} = 0.9 \cdot \left[\frac{102 \cdot (1 - 0,37)^2}{2 \cdot (1 - 0,37 \cdot 0,62)} + \frac{0,62}{2 \cdot 0,37 \cdot 2894,03 \cdot (1 - 0,62)} \right] = 23,66$$

$$d_{EB(faseII)} = 0.9 \cdot \left[\frac{102 \cdot (1 - 0,09)^2}{2 \cdot (1 - 0,09 \cdot 0,62)} + \frac{0,62}{2 \cdot 0,09 \cdot 3046,4 \cdot (1 - 0,62)} \right] = 40,43$$

$$d_{EB} = \frac{d_{EB(faseI)} \cdot V_{(faseI)} + d_{EB(faseII)} \cdot V_{(faseII)}}{V_{(faseI)} + V_{(faseII)}} = \frac{23,66 \cdot 600 + 40,43 \cdot 160}{600 + 160} = 27,2$$

vengono infine definiti a partire dai ritardi i LOS per ciascun ramo di approcci:

$$d_{WB} = 23,64 \rightarrow LOS_C$$

$$d_{NB} = 20,88 \rightarrow LOS_C \quad (\text{tendente al B})$$

$$d_{EB} = 27,20 \rightarrow LOS_C$$

Il risultato dell'incrocio viene calcolato come media pesata dei ritardi dei singoli rami, e da questo si definisce il LOS dell'intesezione:

$$d = \frac{23,64 \cdot 570 + 20,88 \cdot 635 + 27,2 \cdot 760}{570 + 635 + 760} = 24,1 \rightarrow LOS_C$$

Il ciclo semaforico è stato dunque progettato in conformità con i requisiti minimi richiesti (LOS C)