

Regione
Emilia Romagna



Provincia di
Bologna



Comune di
Ozzano dell'Emilia



PARCO FOTOVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI POTENZA PARI A 36 MWp NEL COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA (BO).

PROGETTISTA INCARICATO:

Ing. Giovanni Cis
Tel. 3490737323
Pec: giovanni.cis@ingpec.eu



Scala

n.d.

Formato

A4

Titolo elaborato:

Studio impatto
viabilistico

TECNICI COINVOLTI:

Studio acustico:

Arch. Maurizio Cossar

Piazza IV Novembre, 22 - San Donà di Piave (VE)
info@dbacustica.it

Studio archeologico:

Dott.ssa Ilaria Frontori

Via Santa Margherita, 14 - Cologno Monzese (MI)
ilaria.frontori@gmail.com

Studio agronomico:

Dott. Matteo Sorrenti - Dott.
Salvatore D'Agostino

Studio idraulico e geologico:

Dott. Velicogna Alberto

Via G. Carducci, 15 - Seriate (BG)
a.velicogna@libero.it

CODICE ELABORATO

PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
RVFVER30	VIA2	R	32

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	11/23	Prima emissione	PS	PS	AV
01					
02					
03					
04					
05					
06					

Società proponente:

OPR SUN 23

P.IVA: 13006040961
PEC: oprsun23srl@pecimprese.it

GESTORE RETE ELETTRICA



P.IVA: 05779661007
PEC: info@pec.terna.it

PROGETTAZIONE A CURA DI

RENNVALUE

P.IVA: 05392690284
PEC: cert@pec.renvalue.it

IMPIANTO AGRIVOLTAICO “OZZANO”

COMUNE DI OZZANO

Provincia di Bologna

OPR SUN 23 s.r.l.

INDICE

1	PREMESSA	3
	1.1 Descrizione dell'intervento	4
2	QUADRO PROGETTUALE	6
	2.1 Configurazione finale impianto fotovoltaico	6
	2.2 Descrizione degli aspetti tecnologici	7
3	ANALISI VIABILISTICA	8
	3.1 Metodi	9
	3.2 Livello di Servizio su Tratte Stradali	9
	3.3 Determinazione dei LOS su Tratte a Carreggiata Unica	10
	3.4 Determinazione dei LOS su Intersezioni a Raso Libere	17
	3.5 Metodo di Calcolo per Tratti di Scambio	20
	3.6 Equazioni Predittive della Velocità Media dei Flussi	20
	3.7 Determinazione del Tipo di Operazione	21
	3.8 Direzione San Lazzaro di Savena	23
	3.8.1 Analisi dello Stato di Fatto dell'Arco Viario – San Lazzaro Savena	23
	3.8.2 Analisi dello Stato di Progetto dell'Arco Viario – San Lazzaro Savena	28
	3.9 Direzione Castelguelfo di Bologna	32
	3.9.1 Analisi dello Stato di Fatto dell'Arco Viario – Castelguelfo	32
	3.9.2 Analisi dello Stato di Progetto dell'Arco Viario – Castelguelfo	38
	3.10 Conclusioni	42

 Laut engineering	Rev. 00	Novembre 2023	Impatto Viabilistico	Pag. n. 3
--	---------	---------------	----------------------	-----------

1 PREMESSA

All'interno della Valutazione di Impatto Viabilistico, verranno analizzati i flussi di traffico sulle strade utilizzate per raggiungere il cantiere. Nello specifico verranno analizzati i flussi allo stato di fatto, che verranno confrontati con i flussi previsti in fase (temporanea) di cantiere, al fine di valutare l'impatto dei mezzi di cantiere rispetto ai normali flussi di traffico sulle strade nei pressi dell'area di cantiere, dove è prevista la realizzazione di un parco agrivoltaico, nel comune di "Ozzano" (Provincia di Bologna).

1.1 Descrizione dell'intervento

Vengono illustrate le scelte progettuali adottate per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico "Ozzano", proposto dalla società OPR SUN 23 s.r.l.

Il terreno individuato ricade nel territorio di Ozzano, comune in provincia di Bologna (BO), in un'area situata circa 5 Km ad Nord-Est rispetto al centro urbano. Nei pressi del terreno di interesse sono inoltre presenti i comuni di Bologna, situato 12,0 km a Ovest, e Castel Guelfo di Bologna, a circa 9.2 Km a Sud-Est.



Figura 1-1 Inquadramento del progetto su immagine satellitare

Il progetto agrivoltaico si sviluppa su una superficie di circa 54 ha, per una potenza complessiva pari a 35'943.32 kWp.

	Rev. 00	Novembre 2023	Impatto Viabilistico	Pag. n. 5
---	---------	---------------	----------------------	-----------

L'impianto sarà connesso alla rete elettrica nazionale mediante realizzazione di un nuovo elettrodotto a 36kV che si andrà a connettere su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica 380/132kV denominata "COLUNGA".

In particolare, l'impianto sarà essenzialmente composto dai seguenti elementi:

- Strutture di sostegno ad inseguimento mono assiale "tracker";
- Pannelli fotovoltaici;
- Quadri elettrici BT;
- Inverter centralizzati per la conversione CC/CA;
- Cabine di raccolta;
- Cabine di trasformazione (skid);

Faranno poi parte dell'impianto elementi ausiliari e complementari, quali:

- Impianti ausiliari;
- Sistema di sicurezza e sorveglianza;
- Viabilità di accesso e strade di servizio;
- Recinzione perimetrale

2 QUADRO PROGETTUALE

2.1 Configurazione finale impianto fotovoltaico

L'impianto in progetto è di tipo grid - connected e la modalità di connessione è in "Trifase in alta tensione", con potenza complessiva pari a 35.943,32 kWp.

Sarà in particolare costituito da:

- N. totale di pannelli FTV: 52.472 da 685 Wp;
- N. totale di stringhe: 1.874
 - o 190 tracker da 28 pannelli (=1 stringa)
 - o 842 tracker da 56 pannelli (=2 stringhe)
- N. totale di inverter di campo: 100



Figura 2-1 - Configurazione finale dell'impianto

2.2 Descrizione degli aspetti tecnologici

I moduli fotovoltaici saranno disposti su strutture metalliche rotanti monoassiali dette Tracker. Essi sono costituiti da travi metalliche (a sezione H o simili) direttamente infisse nel terreno (tramite macchine battipalo), che sorreggono una trave orizzontale, la quale, mediante un motore centrale, ruota – e con essa i pannelli FTV – da est a ovest con angoli compresi tra $\pm 60^\circ$.

Nel progetto in esame il pitch (distanza tra tracker paralleli) è fissato a 6m.

Le misure dei tracker, che saranno definite dal fornitore in fase esecutiva, sono le seguenti:

- travi di sostegno infisse ogni 6m circa, ad una profondità di circa 3m;
- altezza asse orizzontale rispetto al suolo: 2,4m

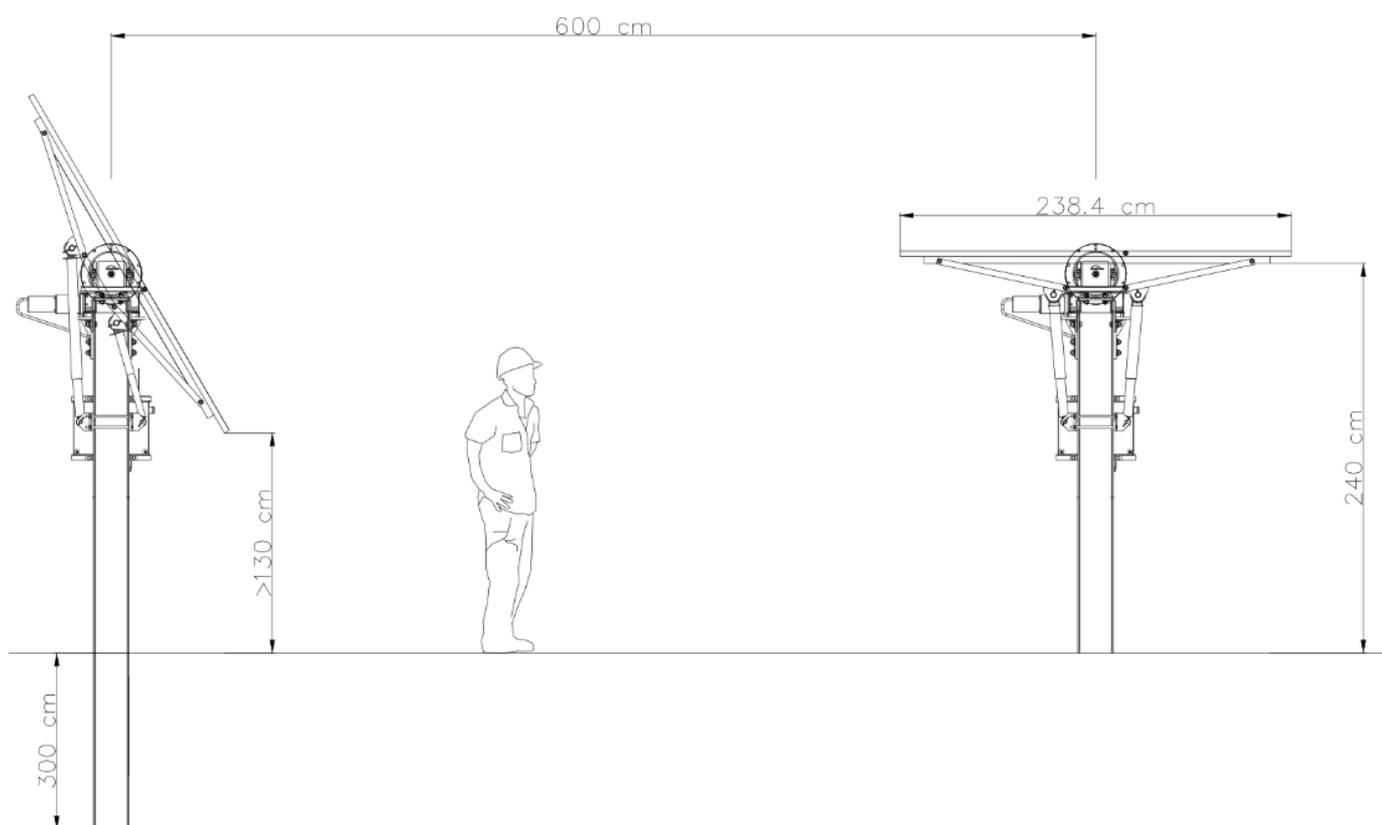


Figura 2-2 layout laterale delle strutture

Le misure sopra indicate permettono il passaggio dei mezzi agricoli e le normali attività di coltivazione del terreno, rispettando perciò i requisiti minimi della definizione di agrivoltaico.

3 ANALISI VIABILISTICA

L'analisi sarà condotta secondo modelli di stima dei Livelli Operativi di Servizio (L.O.S.) dei tratti rettilinei e delle intersezioni a raso coinvolte dalla nuova proposta progettuale sono derivati da "Highway Capacity Manual".

Si identifica come area di interesse il tratto di strada che si dirama dall'Autostrada Adriatica E45 (facilmente raggiungibile con i mezzi e con caratteristiche tali da garantire lo smaltimento dei flussi). Si riporta l'identificazione del tratto di percorso individuato, che dall' Autostrada si distacca (diventando Strada Provinciale SP48) per raggiungere le aree di cantiere.



Figura 3-1: Percorso Oggetto di Analisi

3.1 Metodi

Trattando elementi di reti stradali i metodi utilizzati si occupano di verifiche quantitative per archi stradali (tratti rettilinei) e nodi (intersezioni). L'analisi delle prestazioni delle diverse componenti del sistema viario vengono sviluppate facendo riferimento a condizioni di

- Flusso ininterrotto (tratte stradali)
- Flusso interrotto (intersezioni)

Nel caso di condizioni di flusso ininterrotto i modelli analitici utilizzati per le verifiche prestazionali sono contenuti nell'Highway Capacity Manual (versioni 1985 e 2000) per la stima del Livello di Servizio (LdS) di assi stradali con condizioni di flusso ininterrotto.

Per le intersezioni (flusso interrotto), si fa riferimento a specifici modelli analitici presenti in letteratura quali: gli algoritmi e modelli di stima dei Livelli di Servizio su intersezioni a raso libere proposti, ad esempio da H.C.M. 1985 e 2000.

3.2 Livello di Servizio su Tratte Stradali

La metodologia indicata da HCM per la determinazione dei Livelli di Servizio su tratte stradali si suddivide in:

- Metodi per la determinazione dei LOS su tratte a carreggiata separata (Multilane Highway)
- Metodi per la determinazione dei LOS su tratte a carreggiata unica (Two-lane Highway)

Nella metodologia le caratteristiche del deflusso dei veicoli sono analizzate in condizioni di:

- Sottosaturazione
- Scarico di coda
- Sovrasaturazione

Per condizioni di sottosaturazione il deflusso in un punto non è condizionato dalle condizioni di monte o di valle (non si verifica la presenza di onde di shock).

Per condizioni di scarico di coda il deflusso è condizionato dal verificarsi di colli di bottiglia con aumento repentino della portata e della velocità.

Per condizioni di sovrasaturazione il deflusso a monte di un collo di bottiglia o di una interruzione è influenzato dalla perturbazione e l'onda di shock si propaga risalendo la corrente.

La relazione Flusso/Velocità è del tipo:

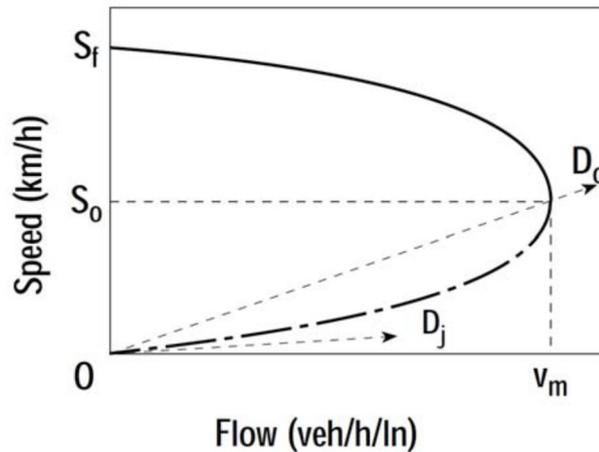


Figura 3-2: Andamento Flusso/Velocità

3.3 Determinazione dei LOS su Tratte a Carreggiata Unica

Per tratte a carreggiata unica valgono le seguenti regole

- strade a carreggiata unica e doppio senso di marcia
- le condizioni di deflusso in una direzione sono influenzate dal flusso in entrambe le direzioni e dalle caratteristiche del tracciato (condizioni di flusso interrotto)

I fattori che influenzano il LOS sono:

- possibilità di superare veicoli più lenti
- entità del flusso
- velocità del flusso
- % di tempo trascorsa in attesa di effettuare un sorpasso (PTSF)
- tipologia di strada (strade principali e strade secondario)

Il meccanismo di sorpasso dipende da

- entità e tipologia flusso opposto
- possibilità di sorpasso (linea mediana continua)

- velocità del veicolo da superare
- caratteristiche del tracciato

Il calcolo di FFS (Free Flow Speed) sarà pari a:

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

Dove:

- BFFS = FFS di base (km/h)
- f_{LS} = fattore correttivo per larghezza corsia e banchina
- f_A = fattore correttivo per presenza di accessi a raso

Tabella 3-1: Fattore Correttivo per Larghezza Corsia e Banchina

EXHIBIT 20-5. ADJUSTMENT (f_{LS}) FOR LANE WIDTH AND SHOULDER WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in FFS (km/h)			
	Shoulder Width (m)			
	$\geq 0.0 < 0.6$	$\geq 0.6 < 1.2$	$\geq 1.2 < 1.8$	≥ 1.8
2.7 < 3.0	10.3	7.7	5.6	3.5
$\geq 3.0 < 3.3$	8.5	5.9	3.8	1.7
$\geq 3.3 < 3.6$	7.5	4.9	2.8	0.7
≥ 3.6	6.8	4.2	2.1	0.0

Tabella 3-2: Fattore Correttivo per Numero di Accessi a Raso

EXHIBIT 20-6. ADJUSTMENT (f_A) FOR ACCESS-POINT DENSITY

Access Points per km	Reduction in FFS (km/h)
0	0.0
6	4.0
12	8.0
18	12.0
≥ 24	16.0

Si potrà poi determinare il tasso di flusso V_p :

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot f_{HV} \cdot f_G}$$

Dove:

- V = flusso orario (veicoli/h)
- PHF = fattore ora di punta
- f_{HV} = fattore correttivo per veicoli pesanti

- f_G = fattore correttivo per pendenza media della strada

Il fattore f_G è determinabile con le seguenti tabelle

Tabella 3-3: Fattore Correttivo per Pendenza Media della Strada

EXHIBIT 20-7. GRADE ADJUSTMENT FACTOR (f_G) TO DETERMINE SPEEDS ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
		Level	Rolling
0-600	0-300	1.00	0.71
> 600-1200	> 300-600	1.00	0.93
> 1200	> 600	1.00	0.99

EXHIBIT 20-8. GRADE ADJUSTMENT FACTOR (f_G) TO DETERMINE PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
		Level	Rolling
0-600	0-300	1.00	0.77
> 600-1200	> 300-600	1.00	0.94
> 1200	> 600	1.00	1.00

Il fattore correttivo f_{HV} è determinabile con la relazione:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Dove:

- P_T = frazione percentuale di veicoli pesanti
- P_R = frazione percentuale di veicoli leggeri
- E_T, E_R = fattori di equivalenza in funzione del piano stradale (cfr tabella)

Tabella 3-4: Fattori Riduttivi per Pendenza Media Segmento Stradale

Tipo tracciato	Piano	Ondulato	Montuoso
E_T	1,5	2,5	4,5
E_R	1,2	2,0	4,0

Risulta poi possibile determinare la velocità media di deflusso ATS:

$$ATS = FFS - 0.0125 \cdot V_P - f_{np}$$

Dove:

- ATS = velocità media di deflusso per entrambe le direzioni
- V_P = tasso di flusso
- FFS = velocità di flusso libero
- f_{np} = frazione di strada in cui è impedito il sorpasso

Il coefficiente f_{np} è ricavabile dalla seguente tabella:

Tabella 3-5: Fattore Correttivo per Parte di Strada con Divieto di Sorpasso

EXHIBIT 20-11. ADJUSTMENT (f_{np}) FOR EFFECT OF NO-PASSING ZONES ON AVERAGE TRAVEL SPEED ON TWO-WAY SEGMENTS

Two-Way Demand Flow Rate, v_p (pc/h)	Reduction in Average Travel Speed (km/h)					
	No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	1.0	2.3	3.8	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.7	6.3	7.3
600	0.0	2.5	3.8	4.9	5.5	6.2
800	0.0	2.2	3.1	3.9	4.3	4.9
1000	0.0	1.8	2.5	3.2	3.6	4.2
1200	0.0	1.3	2.0	2.6	3.0	3.4
1400	0.0	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
1600	0.0	0.9	1.3	1.7	2.1	2.4
1800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2000	0.0	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8
2200	0.0	0.8	1.0	1.4	1.5	1.7
2400	0.0	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7
2600	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6
2800	0.0	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
3000	0.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
3200	0.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1

Determinazione del tempo speso accodati a veicoli più lenti (PTSF):

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np}$$

Dove:

- PTSF = percent-time-spent following
- BPTSF = valore di base di PTSF;
- $f_{d/np}$ = fattore correttivo per la frazione di strada in cui è impedito il sorpasso e per la distribuzione del traffico nelle due direzioni;

Il valore di BPTSF si ricava utilizzando:

$$BPTSF = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot V_p})$$

Il fattore $f_{d/np}$ si ricava dalla seguente tabella:

Tabella 3-6: Fattore Correttivo per la Parte in cui è Impedito il sorpasso e la Distribuzione del Traffico nelle Due Direzioni

EXHIBIT 20-12. ADJUSTMENT ($f_{d/np}$) FOR COMBINED EFFECT OF DIRECTIONAL DISTRIBUTION OF TRAFFIC AND PERCENTAGE OF NO-PASSING ZONES ON PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY SEGMENTS

Two-Way Flow Rate, v_p (pc/h)	Increase in Percent Time-Spent-Following (%)					
	No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
Directional Split = 50/50						
≤ 200	0.0	10.1	17.2	20.2	21.0	21.8
400	0.0	12.4	19.0	22.7	23.8	24.8
600	0.0	11.2	16.0	18.7	19.7	20.5
800	0.0	9.0	12.3	14.1	14.5	15.4
1400	0.0	3.6	5.5	6.7	7.3	7.9
2000	0.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.4
2600	0.0	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4
3200	0.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4
Directional Split = 60/40						
≤ 200	1.6	11.8	17.2	22.5	23.1	23.7
400	0.5	11.7	16.2	20.7	21.5	22.2
600	0.0	11.5	15.2	18.9	19.8	20.7
800	0.0	7.6	10.3	13.0	13.7	14.4
1400	0.0	3.7	5.4	7.1	7.6	8.1
2000	0.0	2.3	3.4	3.6	4.0	4.3
≥ 2600	0.0	0.9	1.4	1.9	2.1	2.2
Directional Split = 70/30						
≤ 200	2.8	13.4	19.1	24.8	25.2	25.5
400	1.1	12.5	17.3	22.0	22.6	23.2
600	0.0	11.6	15.4	19.1	20.0	20.9
800	0.0	7.7	10.5	13.3	14.0	14.6
1400	0.0	3.8	5.6	7.4	7.9	8.3
≥ 2000	0.0	1.4	4.9	3.5	3.9	4.2
Directional Split = 80/20						
≤ 200	5.1	17.5	24.3	31.0	31.3	31.6
400	2.5	15.8	21.5	27.1	27.6	28.0
600	0.0	14.0	18.6	23.2	23.9	24.5
800	0.0	9.3	12.7	16.0	16.5	17.0
1400	0.0	4.6	6.7	8.7	9.1	9.5
≥ 2000	0.0	2.4	3.4	4.5	4.7	4.9
Directional Split = 90/10						
≤ 200	5.6	21.6	29.4	37.2	37.4	37.6
400	2.4	19.0	25.6	32.2	32.5	32.8
600	0.0	16.3	21.8	27.2	27.6	28.0
800	0.0	10.9	14.8	18.6	19.0	19.4
≥ 1400	0.0	5.5	7.8	10.0	10.4	10.7

Con a disposizione i valori della velocità media di deflusso (ATS) e la percentuale di tempo spesa accodati (PTSF) si determina il livello di servizio del tratto di strada considerato:

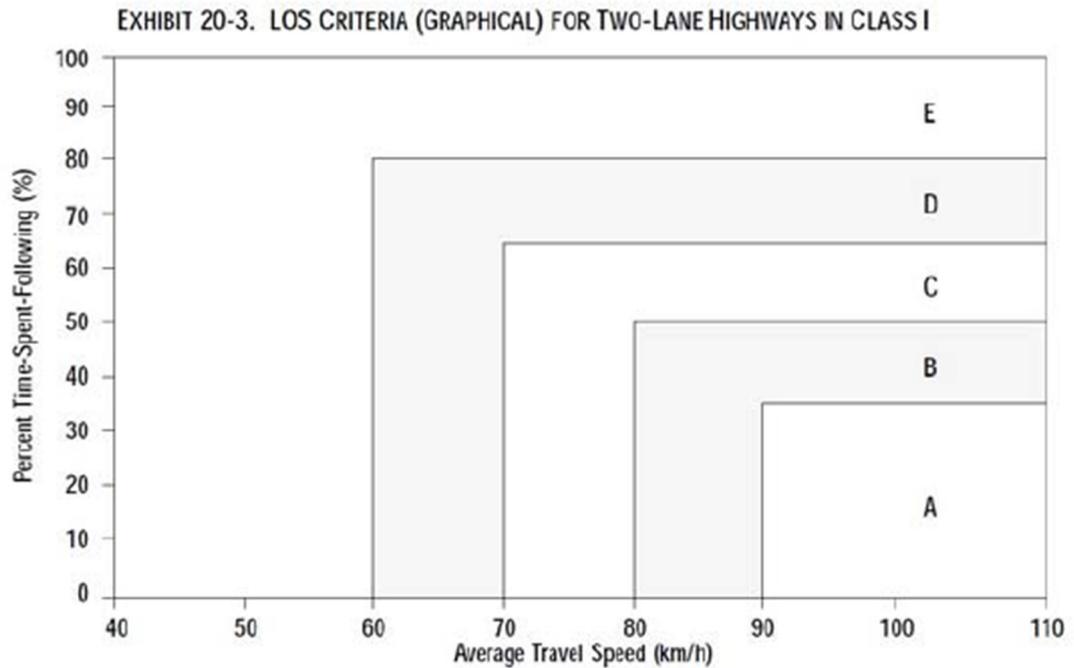


Figura 3-3: Livelli di Servizio per Strade a Carreggiata Unica

Riassumendo, per tratte a carreggiata unica i Livelli di Servizio possono venire stimati in funzione dei due diversi metodi di calcolo proposti da HCM 1985 e HCM 2000 e precisamente:

Tabella 3-7: Livelli di Servizio per Strade a Carreggiata Unica

LIVELLI DI SERVIZIO	HCM 1985		HCM 2000	
	FLUSSO/CAP.	FLUSSO (Veic./H)	PTSF (%)	FLUSSO (Veic./H)
A	0,18	≅ 575	40	≅ 700
B	0,32	≅ 1042	60	≅ 700
C	0,52	≅ 1650	77	≅ 700
D	0,77	≅ 2450	88	≅ 700
E	>0,77	-----	>88	≅ 700

In Europa e in Italia, nel caso di tratte a carreggiata unica viene proposta, da più parti, l'adozione di alcuni adattamenti della modellistica statunitense.

Gli adattamenti sono suggeriti per meglio considerare lo specifico parco veicolare e le specifiche caratteristiche personali europee.

Ad esempio, dalla Regione Lombardia, viene suggerito per HCM 1985 di:

- Utilizzare un valore di Capacità pari a 3200 veicoli/ora e non 2800 veicoli/ora
- Utilizzare rapporti Flussi/Capacità aumentati del 20% rispetto a quelli dell'HCM per determinare il passaggio tra Livelli di Servizio.

Per HCM 2000 viene suggerito di Valutare il Livello di Servizio in funzione del solo parametro PTSF.

3.4 Determinazione dei LOS su Intersezioni a Raso Libere

Il metodo adottato per la verifica dei livelli di servizio su intersezioni a raso libere mette in relazione le geometrie dell'intersezione con le manovre conflittuali e l'intervallo critico. Quest'ultimo è funzione del tipo di disciplina della circolazione adottata e delle velocità di attraversamento dell'intersezione da parte dei veicoli. Dati i volumi di traffico, espressi in veicoli equivalenti, per ogni manovra (vl) la procedura H.C.M. di calcolo delle capacità delle singole manovre e dei relativi LOS si sviluppa in passi successivi:

- In base all'ipotesi che gli intervalli liberi sul flusso principale siano utilizzati in ordine:
 - Per le svolte a destra della strada secondaria (RT);
 - Per le svolte a sinistra dalla strada principale (LTM);
 - Per gli attraversamenti della strada secondaria (TH);
 - Per le svolte a sinistra dalla secondaria (LTm).
- Si determinano, in funzione della geometria dell'intersezione, i volumi di traffico conflittuali per ogni manovra di svolta;
- Si stabilisce il valore dell'intervallo critico per ciascuna manovra in funzione delle caratteristiche dell'intersezione facendo riferimento alla tabella seguente:

Tabella 3-8: Valore Critico per Ogni Manovra

Intervalli Critici [s]									
Velocità media strada principale	50 km/h				90 km/h				
Numero totale di corsie sulla principale	2		4		2		4		
Regolamentazione	Stop	Prec.	Stop	Prec.	Stop	Prec.	Stop	Prec.	
RT	5,5	5,0	5,5	5,0	6,5	5,5	6,5	5,5	
LTM	5,0		5,5		5,5		6,0		
TH	6,0	5,5	6,5	6,0	7,5	6,5	8,0	7,0	
LTm	6,5	6,0	7,0	6,5	8,0	7,0	8,5	7,5	

A cui si applicano alcune correzioni per meglio determinare la geometria dell'intersezione:

Tabella 3-9: Correzioni per particolarità dell'Intersezione

Correzioni per particolarità dell'intersezione [s]	
Per RT	
Raggio di curvatura > 15m	-0,5
Angolo fra le strade < 60°	-0,5
Presenza di corsia di accelerazione	-1,0
Per tutte le manovre	
Zona con popolazione > 250000 ab.	-0,5
Ridotta distanza di visibilità	1,0

In funzione del volume conflittuale e dell'intervallo critico (espresso in sec.) si ricava dall'abaco il valore della capacità potenziale per ogni singola manovra. Per tenere conto dell'interazione delle varie svolte si introduce un fattore di impedenza, determinabile in funzione del rapporto tra flusso della i -esima manovra e la sua capacità potenziale, ottenendo la capacità della singola manovra (c_m). Il valore di capacità ottenuto è valido se la manovra è canalizzata in una apposita corsia.

Nel caso in cui più manovre impegnano la medesima corsia il valore della capacità effettiva (c_{sh}) è dato dalla:

$$c_{sh} = \frac{vl + vt + vr}{\frac{vl}{c_{ml}} + \frac{vt}{c_{mt}} + \frac{vr}{c_{mr}}}$$

dove:

- csh = capacità
- vl = LT volume di traffico per svolta a sinistra su corsia condivisa
- vt = TH volume di traffico per attraversamenti strada secondaria
- vr = RT volume di traffico per svolta a destra dalla strada secondaria
- cml = capacità della manovra di svolta a sinistra
- cmt = capacità della manovra di attraversamento
- cmr = capacità della manovra di svolta a destra

Dalla capacità si deduce la saturazione e i tempi di ritardo per veicolo che sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 3-10: Livelli di Servizio su Intersezioni a Raso Libere

Livello di servizio	Tempo di attesa per veicolo (secondi)
A	≤ 10
B	10 ÷ 15
C	15 ÷ 25
D	25 ÷ 35
E	35 ÷ 50
F	> 50

3.5 Metodo di Calcolo per Tratti di Scambio

Il calcolo del livello di servizio passa attraverso 4 distinte fasi:

- equazioni predittive della velocità media dei flussi di scambio (S_w) e non di scambio (S_{nw})
- equazioni che descrivono la proporzione di corsie disponibile per i flussi di scambio e non di scambio, in base alle quali si definisce se lo scambio è di tipo limitato o libero
- verifica che i parametri geometrici e di flusso siano compatibili con i limiti del modello
- definizione del livello di servizio attraverso il calcolo della velocità media ponderata dell'area

3.6 Equazioni Predittive della Velocità Media dei Flussi

Le equazioni sono specifiche in funzione del tipo di area (A, B, C) e in funzione della modalità in cui avviene lo scambio (limitato, libero).

Le informazioni necessarie per queste equazioni sono descrittive della geometria dell'area:

- lunghezza dell'area di scambio
- numero di corsie

E delle condizioni di traffico:

- velocità di flusso libero
- flusso totale
- rapporto tra il flusso di scambio e il flusso totale

In genere si nota che:

- al crescere della lunghezza dell'area di scambio, aumenta la velocità media e diminuisce l'intensità degli scambi
- all'aumentare della percentuale dei flussi di scambio sul totale, diminuisce la velocità media a causa dell'aumentare delle turbolenze
- all'aumentare del flusso medio per corsia, diminuisce la velocità media, a causa dell'aumento della densità del flusso

- come anticipato nella descrizione dei parametri fondamentali, in caso di operazioni costrette, si rileva una maggiore differenza tra velocità di scambio e non di scambio
- le aree di tipo B sono più efficienti nel gestire elevati flussi di scambio, si rilevano, infatti, velocità più alte rispetto alle aree di tipo A e C
- la velocità di scambio nelle aree di tipo A è più sensibile all'aumentare della percentuale di flusso di scambio rispetto alle aree di tipo B. Si deduce quindi che le aree di tipo A gestiscono meglio configurazioni con basso volume di flussi scambiati
- le velocità di scambio nelle aree di tipo A è più sensibile all'aumentare della lunghezza di scambio, mentre le aree di tipo B e C risentono meno di questo parametro in quanto almeno un flusso di scambio avviene senza cambio di corsia

3.7 Determinazione del Tipo di Operazione

Per definire se l'operazione di scambio è di tipo limitato o libero si confrontano due variabili:

- N_w : numero di corsie che devono essere usate dai flussi di scambio per poter raggiungere la configurazione bilanciata o non costretta
- $N_w(\max)$: numero di corsie che possono essere usate dai flussi di scambio nella configurazione in esame

Nel caso in cui $N_w \leq N_w(\max)$ l'operazione di scambio è di tipo libero, viceversa ci si trova nel caso di operazione limitata.

In genere si osserva che il valore di $N_w(\max)$ è più restrittivo per le aree di tipo A, in quanto i veicoli scambiati devono occupare esclusivamente le corsie confinanti la linea di scambio per effettuare la manovra.

Una volta definite le velocità di scambio e non di scambio, definito se le operazioni sono di tipo costretto o non costretto e verificato il rispetto dei limiti del modello, si calcola la velocità media di tutti i flussi veicolari e di conseguenza la densità media (D) definita come il rapporto tra il flusso medio per corsia e la velocità media.

In funzione della densità media e del tipo di strada si definisce il livello di servizio in base alla tabella sottostante (si fa presente che i valori di densità indicati sono espressi in veicoli/miglio/corsia).

Tabella 3-11: Determinazione del Livello di Servizio dell'Area di Scambio (traduzione della tabella 4-6 dell'HCM '97)

Tabella 4-6	Densità massima (veq/miglio/corsia)	
Livello di servizio	Autostrade	Altre strade
	0	0
A	10	12
B	20	24
C	28	32
D	35	36
E	43	40
F	>43	>40

3.8 Direzione San Lazzaro di Savena

3.8.1 Analisi dello Stato di Fatto dell'Arco Viario – San Lazzaro Savena

Dai dati storici di traffico, forniti dalla regione Emilia Romagna per la centrolina di rilevamento. Si analizzerà la direzione “verso San Lazzaro di Savena” per identificare eventuali differenze nei due sensi di marcia.

Per il tratto di strada interessato, è possibile ricostruire il seguente profilo di traffico:

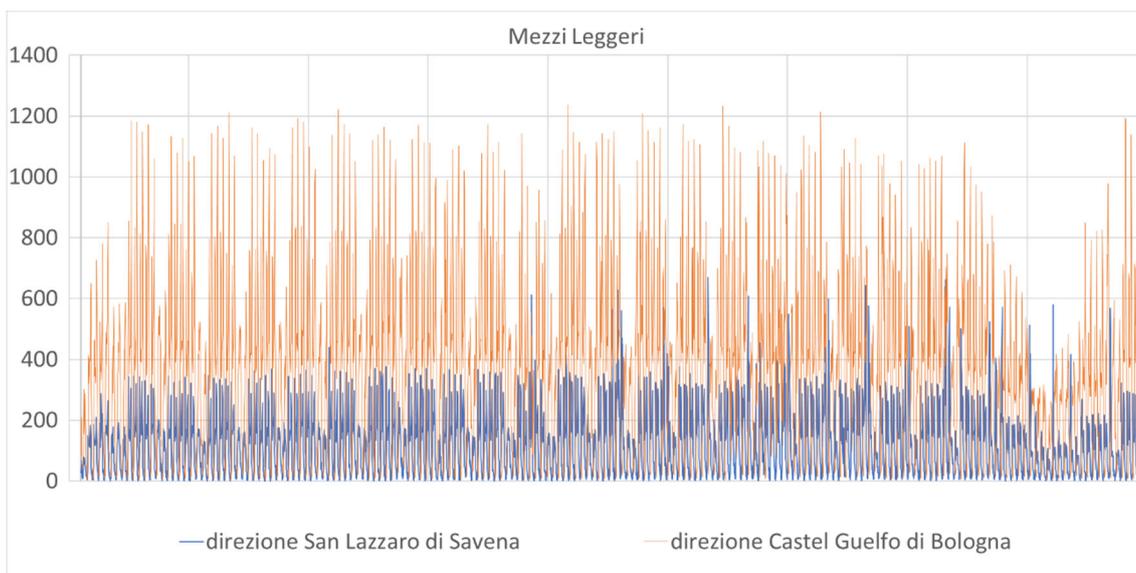


Figura 3-4: Profilo di Traffico – Mezzi Leggeri – Rilevamento Annuale

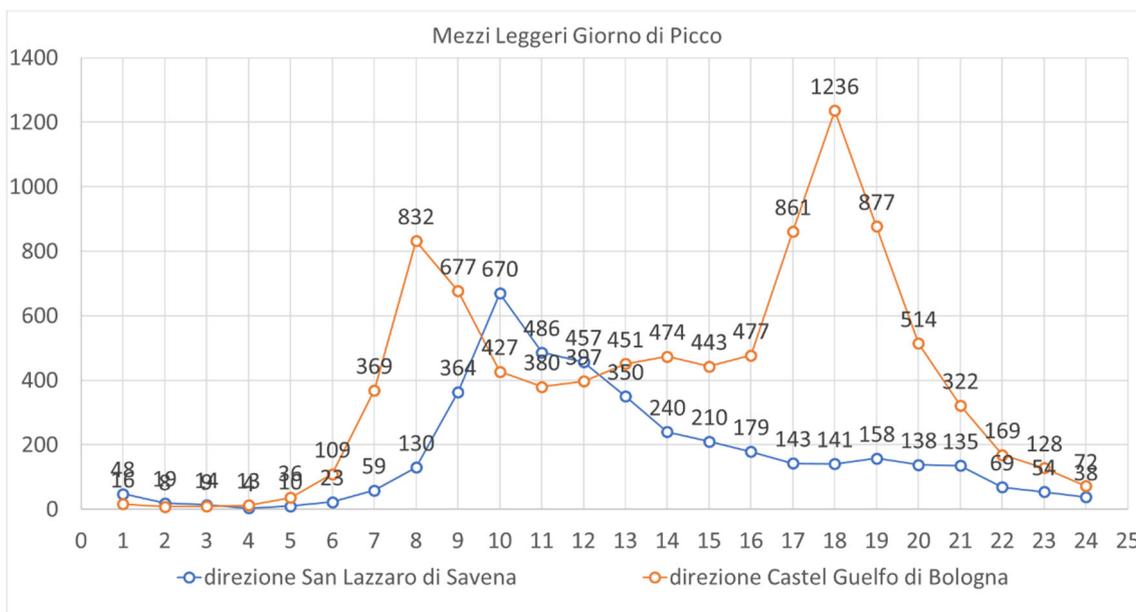


Figura 3-5: Profilo di Traffico – Mezzi Leggeri – Rilevamento Giorno di Picco

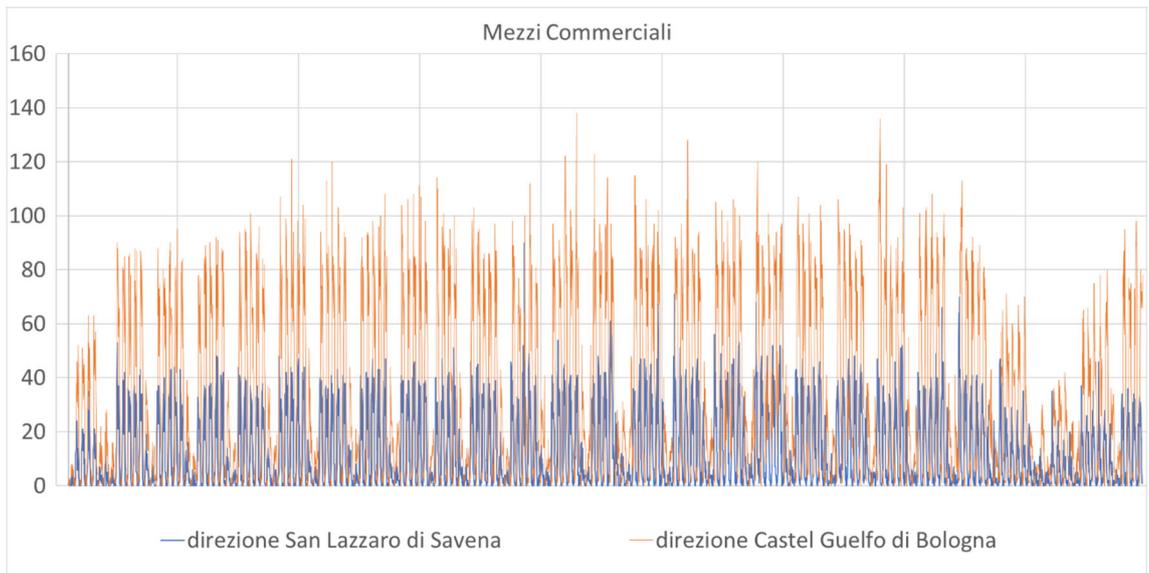


Figura 3-6: Profilo di Traffico – Mezzi Commerciali – Rilevamento Annuale

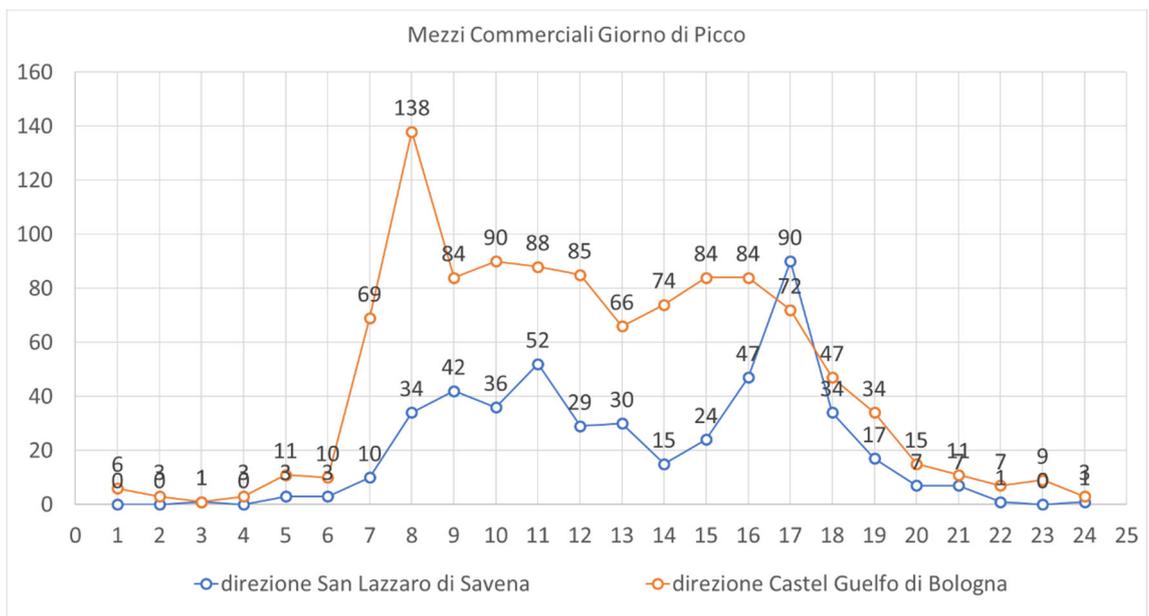


Figura 3-7: Profilo di Traffico – Mezzi Commerciali – Rilevamento Giorno di Picco

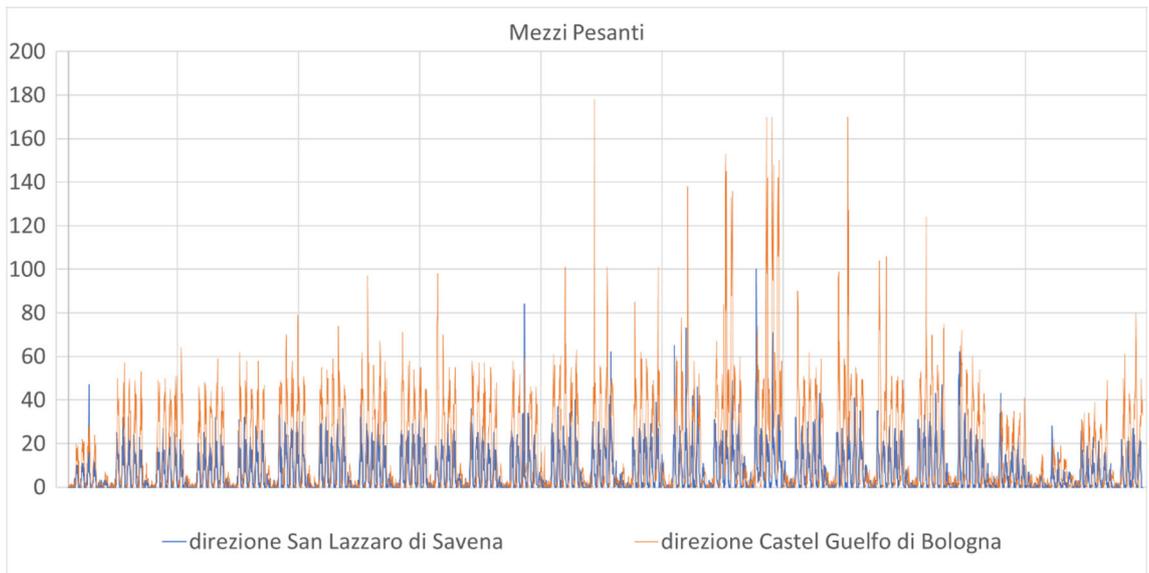


Figura 3-8: Profilo di Traffico – Mezzi Pesanti – Rilevamento Annuale

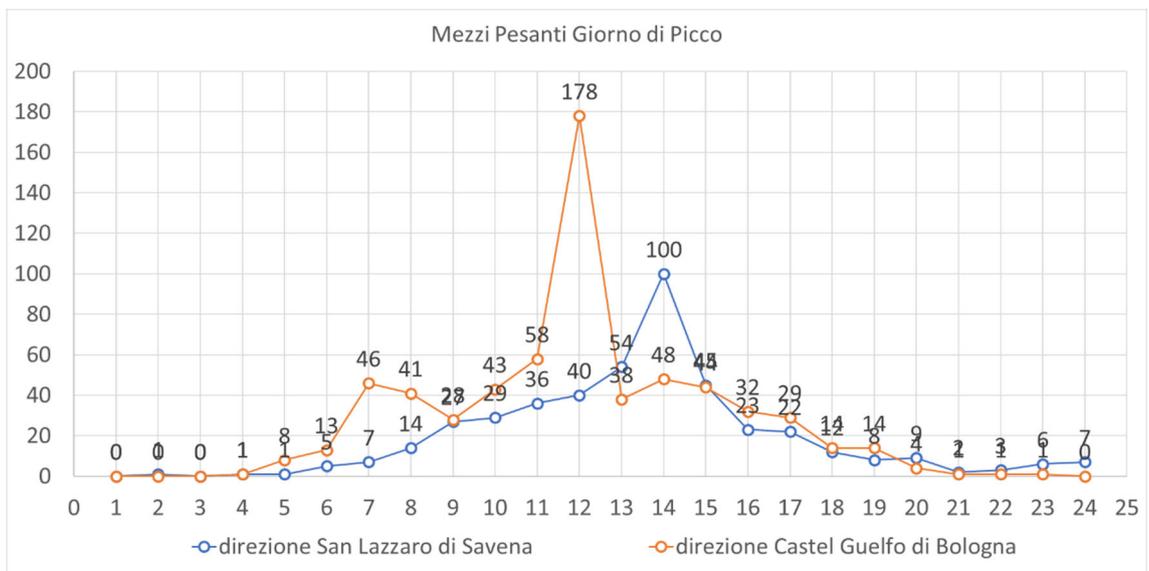


Figura 3-9: Profilo di Traffico – Mezzi Pesanti – Rilevamento Giorno di Picco

Si Nota come la centralina di rilevamento sia disposta su una strada ad alto scorrimento nelle vicinanze. Un valore più attendibile per i flussi di traffico nelle strade oggetto di analisi, si riducono i valori rilevati di un decimo.

Si noti, come lecito attendersi, dato il tipo di strada in cui viene effettuato il rilevamento; che il traffico leggero sia molto superiore al pesante. Arrotondando per eccesso, la strada risulta essere percorsa in quel punto di rilevamento, in media, da:

- 50 autoveicoli leggeri
- 6 automezzi commerciali
- 6 automezzi pesanti

Analizzando e considerando, a favore di sicurezza i valori di picco registrati per tutto l'arco temporale (8 mesi di registrazioni), e mediando sulle peggiori 3 ore, si ottiene un numero di veicoli giornalieri medio di:

- $\frac{37+67+49+46}{4} \cong 50$ autoveicoli leggeri
- $\frac{47+90+47+34}{4} \cong 6$ automezzi commerciali
- $\frac{40+54+100+45}{4} \cong 7$ automezzo pesante

Il numero medio di veicoli rilevati, su base giornaliera presenta un picco 670 automezzi leggeri, registrati attorno alle ore 10:00. La velocità di percorrenza oscilla tra gli 50km/h e i 70km/h, per una velocità media di 60km/m.

Si noti come il 19.35% dei veicoli rilevati sia di tipo pesante, mentre l' 80.65% sia di tipo leggero.

Sull'arco stradale analizzato, che si stacca dall'autostrada, sono presenti 12 accessi a raso laterali

La velocità massima percorribile dal mezzo pesante sulla strada provinciale è pari ad 50km/h. Si assume questo come valore di BFFS

Vengono assunti i seguenti valori dei coefficienti correttivi:

$$f_{LS} = 6.8$$

$$f_A = 8.0 \text{ (dato interpolato tra 12 e 12)}$$

Si ottiene quindi

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A = 50 - 6.8 - 8.00 = 35.2 \text{ km/h} = FFS$$

I dati di traffico riportano, per il momento di picco, con campionamento orario sono pari a:

Ora	Traffico Tot
09:00	46
10:00	82
11:00	64
12:00	55

Il calcolo del fattore di picco PHF, riferito al flussogramma con frequenza di campionamento 60min, è possibile calcolarlo, a favore di sicurezza nel momento di picco del traffico, come:

$$PHF = \frac{\text{Peak Volume}}{4 \cdot \text{Max Volume}_{60}} = \frac{46 + 82 + 64 + 55}{4 \cdot 82} = 0.75$$

I fattori di frazione percentuale, ed i relativi fattori di equivalenza, risultano:

$$P_T = 18.85\% \quad E_T = 1.5$$

$$P_R = 81.15\% \quad E_R = 1.2$$

È possibile quindi determinare:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} = \frac{1}{1 + 0.1935(1.5 - 1) + 0.8065(1.2 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.795$$

Tali valori verranno utilizzati per calcolare:

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_G} = \frac{62}{0.75 \cdot 1 \cdot 0.795 \cdot 1} = 103.579$$

Dove:

$$V = \frac{46 + 82 + 64 + 55}{4} \cong 62$$

Risulta poi possibile determinare anche:

$$ATS = FFS - 0.0125 \cdot V_p - f_{np} = 35.2 - 0.0125 \cdot 103.579 - 0.9 = 33.0053$$

Si possono determinare i successivi parametri:

$$BPTSF = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot V_p}) = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot 103.579}) = 59.77$$

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} = 59.77 + 17.2 = 76.97$$

Dato che, le basi teoriche di queste formulazioni, sono calibrate sulla rete viaria Statunitense, oltre che al loro volume di traffico; si seguono le indicazioni date dalla regione Lombardia, di utilizzare solamente il parametro "PTSF" per la classificazione del livello di servizio, dell'arco stradale indagato.

Si nota come:

$$PTSF = 60 < 76.97 < 77 \rightarrow \text{Livello di Servizio B (anche se al limite con C)}$$

3.8.2 Analisi dello Stato di Progetto dell'Arco Viario – San Lazzaro Savena

Durante le fasi di cantiere, si prevede di trasportare i moduli fotovoltaici, i tracker e i materiali per le sottostrutture di supporto; tramite autoarticolati pesanti. Si prevedono i seguenti volumi di traffico asserviti al cantiere:

- Trasporto moduli fotovoltaici: saranno installati 52472 pannelli fotovoltaici. Per il trasporto dei moduli si prevede l'accesso al sito di circa **150 automezzi** su autoarticolati da 40 piedi.
- Trasporto tracker e strutture di sostegno: in totale saranno installate 1032 stringhe, si stima l'accesso al sito circa **35 automezzi** di categorie N2 e N3 per la fornitura delle strutture metalliche a sostegno dei moduli.
- Trasporto cabine elettriche, inverter, apparecchiature elettromeccaniche di stazione ed esecuzione di opere edili: si stima un accesso di circa **30 automezzi**. (si considera che verranno riutilizzati edifici esistenti come alloggiamento degli apparati elettromeccanici a servizio dell'impianto, non rendendosi necessarie le cabine prefabbricate).

- Trasporto altro materiale: di entità nettamente inferiore:
 - I mezzi per il trasporto delle attrezzature e delle installazioni di cantiere (container, generatori, ecc) si stimano **5 automezzi**
 - I mezzi di trasporto dei rifiuti di cantiere (durante tutto il cantiere); si stimano **2 automezzi**
 - I mezzi di trasporto del personale addetto (durante tutto il cantiere). Si stimano **10 automezzi leggeri ogni giorno.**

Stimando un afflusso per il conferimento dei materiali, a favore di sicurezza, per 3 mesi (4 settimane da 5 giorni lavorativi per ogni mese), gli automezzi leggeri presenti saranno quindi:

$$\text{Automezzi Leggeri} = 10 \cdot (4 \cdot 5 \cdot 3) = 600$$

Il numero di automezzi aggiuntivi durante le fasi di cantiere può quindi stimarsi nel seguente modo:

Tabella 3-12: Automezzi Aggiuntivi Periodo di Cantiere

Automezzi							
Pesanti					Leggeri		
Moduli Fotovolt.	Tracker	Cabine e Inverter	Attrezzatura Cantiere	Rifiuti	Personale Addetto		
150	35	30	5	2	600	totali	
2.50	0.58	0.50	0.08	0.03	10	giornalieri	

Automezzi Giornalieri	
Pesanti	3.70
Leggeri	10

Il numero di automezzi, andrà a sommarsi al profilo di traffico già identificato per lo stato di fatto. A favore di sicurezza si assume che tutto il traffico sia concentrato nel momento di picco massimo, per massimizzare gli effetti.

Il numero totale di autoveicoli sarà quindi

Tipologia	Stato di Fatto	Aggiuntivi	Stato di Progetto	%
Leggeri	56	10	66	78.95%
Pesanti	6	3.7	10	21.05%

Vengono assunti i seguenti valori dei coefficienti correttivi:

$$f_{LS} = 6.8$$

$$f_A = 8.0$$

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A = 50 - 6.8 - 8 = 35.2 \text{ km/h} = FFS$$

Si ipotizza, di spalmare il traffico durante l'orario lavorativo (8 ore). Si considera quindi a favore di sicurezza che un terzo dei mezzi aggiuntivi (quelli transitanti nell'orario lavorativo) sia concentrato nel picco di traffico. I dati di traffico riportano, per l'ora di picco, con campionamento 60min (arrotondando comunque per eccesso):

i 14 mezzi aggiuntivi (10+3.7), spalmati su 8 ore, e considerando che un terzo sia concentrato nel periodo di picco, saranno quindi pari a:

$$\frac{14}{8} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1.75}{3} = 0.5833 \rightarrow 1$$

Arrotondando per eccesso si considera un veicolo aggiuntivo

Ora	Traffico Tot
09:00	46+1
10:00	82+1
11:00	64+1
12:00	55+1

Il calcolo del fattore di picco PHF, riferito al flussogramma con frequenza di campionamento 60min, è possibile calcolarlo, a favore di sicurezza nel momento di picco del traffico, come:

$$PHF = \frac{Peak\ Volume}{4 \cdot Max\ Volume_{60}} = \frac{47 + 83 + 65 + 56}{4 \cdot 83} = 0.76$$

I fattori di frazione percentuale, ed i relativi fattori di equivalenza, risultano:

$$P_T = 21.05\% \quad E_T = 1.5$$

$$P_R = 78.95\% \quad E_R = 1.2$$

È possibile quindi determinare:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} = \frac{1}{1 + 0.2105(1.5 - 1) + 0.7895(1.2 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.792$$

Tali valori verranno utilizzati per calcolare:

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_G} = \frac{63}{0.76 \cdot 1 \cdot 0.792 \cdot 1} = 105.26$$

Risulta poi possibile determinare anche:

$$ATS = FFS - 0.0125 \cdot V_p - f_{np} = 35.2 - 0.0125 \cdot 105.26 - 6.2 = 32.984$$

Si possono determinare i successivi parametri:

$$BPTSF = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot V_p}) = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot 105.26}) = 60.36$$

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} = 60.36 + 17.2 = 77.56$$

Dato che, le basi teoriche di queste formulazioni, sono calibrate sulla rete viaria Statunitense, oltre che al loro volume di traffico; si seguono le indicazioni date dalla regione Lombardia, di utilizzare solamente il parametro “PTSF” per la classificazione del livello di servizio, dell’arco stradale indagato.

Si nota come:

$$PTSF = 77 < 77.56 < 88 \rightarrow \text{Livello di Servizio C (anche seal limite con B)}$$

Il livello di servizio della strada, anche se cambia di classe, rimane sostanzialmente lo stesso, muovendosi nell’intorno della frontiera di cambio classe. Si noti come il valore dell’indicatore PTSF rimanga sostanzialmente invariato (una variazione dello 0.76%, assolutamente trascurabile per il fenomeno oggetto di studio).

Si considera quindi accettabile l’incremento di carico viabilistico.

3.9 Direzione Castelguelfo di Bologna

3.9.1 Analisi dello Stato di Fatto dell’Arco Viario – Castelguelfo

Dai dati storici di traffico, forniti dalla regione Emilia Romagna per la centralina di rilevamento . Si analizzerà la direzione “verso San Lazzaro di Savena” per identificare eventuali differenze nei due sensi di marcia.

Per il tratto di strada interessato, è possibile ricostruire il seguente profilo di traffico:

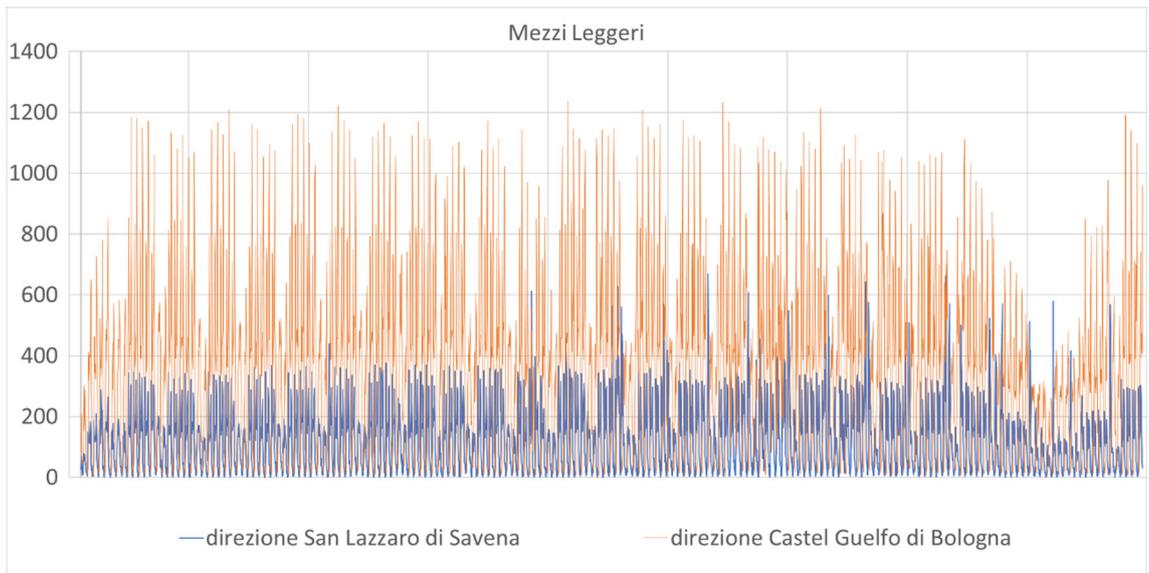


Figura 3-10: Profilo di Traffico – Mezzi Leggeri – Rilevamento Annuale

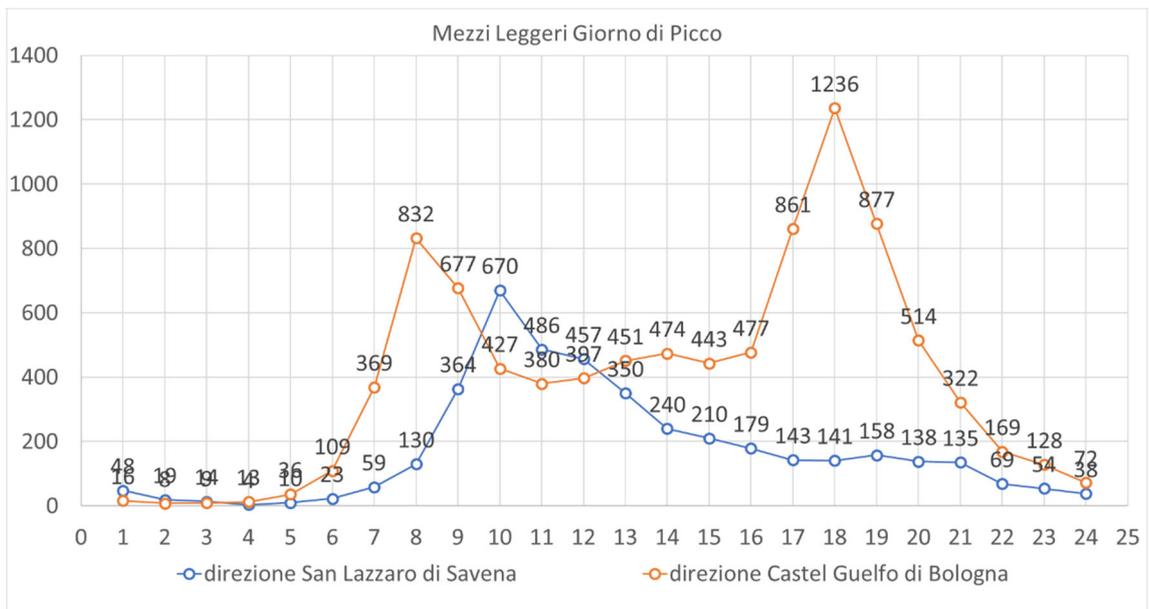


Figura 3-11: Profilo di Traffico – Mezzi Leggeri – Rilevamento Giorno di Picco

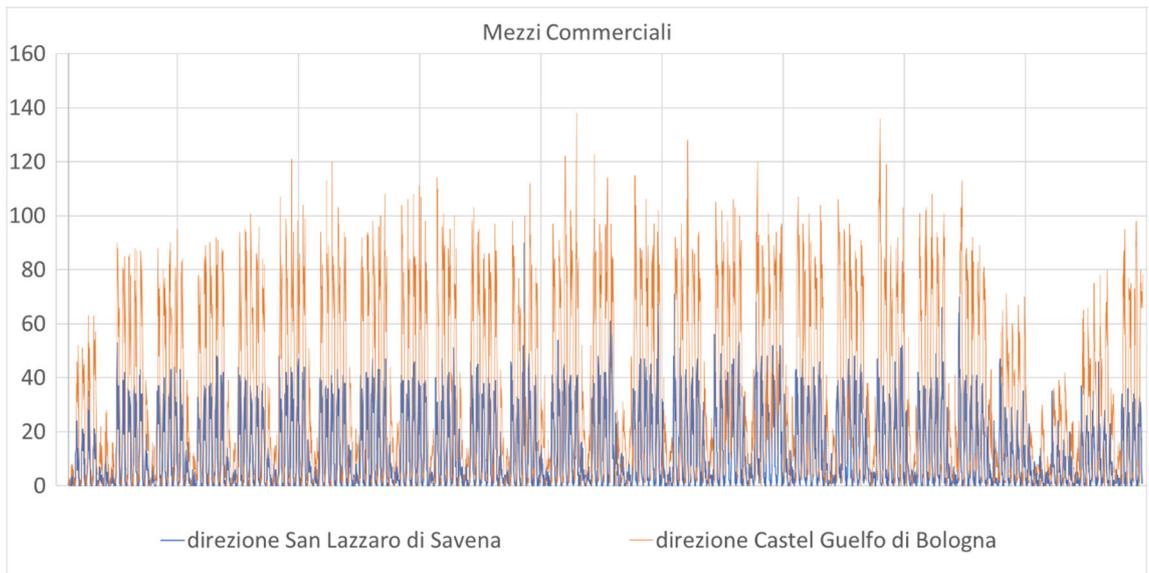


Figura 3-12: Profilo di Traffico – Mezzi Commerciali – Rilevamento Annuale

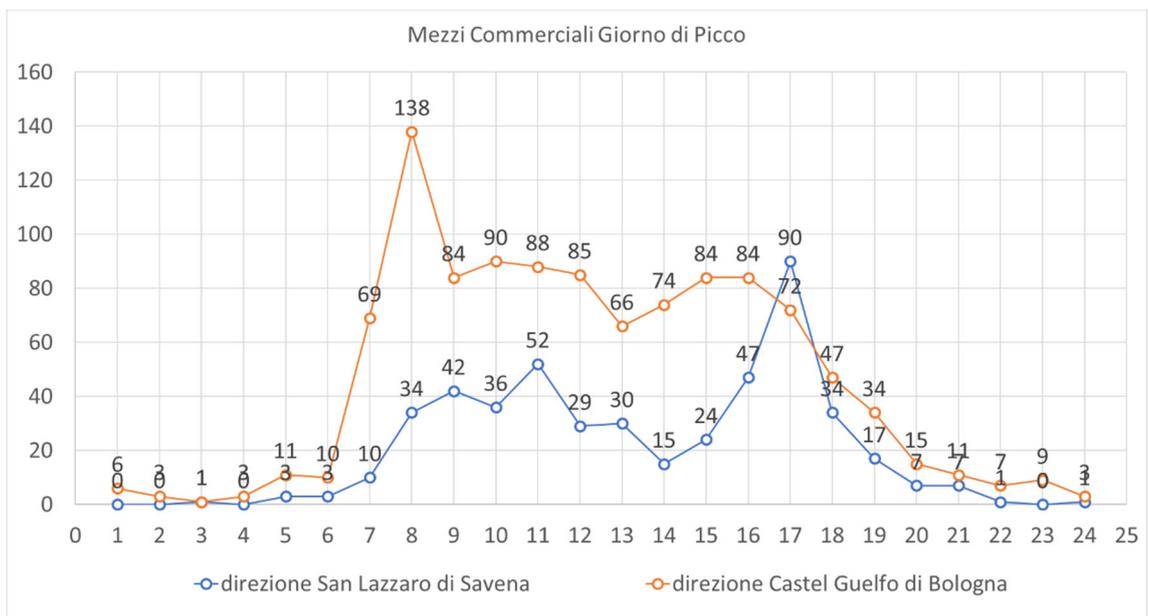


Figura 3-13: Profilo di Traffico – Mezzi Commerciali – Rilevamento Giorno di Picco

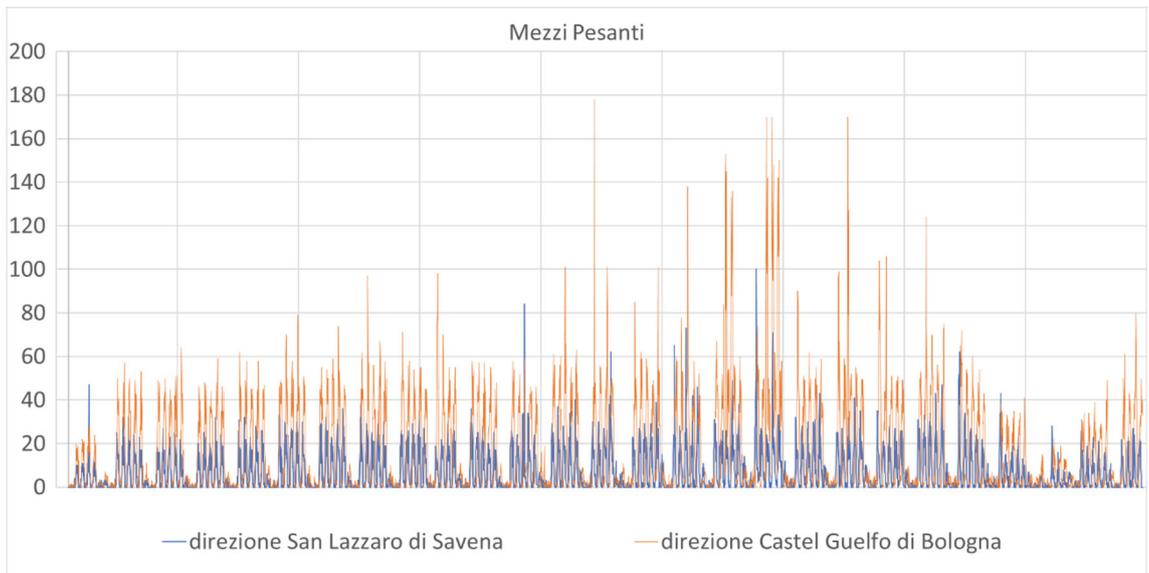


Figura 3-14: Profilo di Traffico – Mezzi Pesanti – Rilevamento Annuale

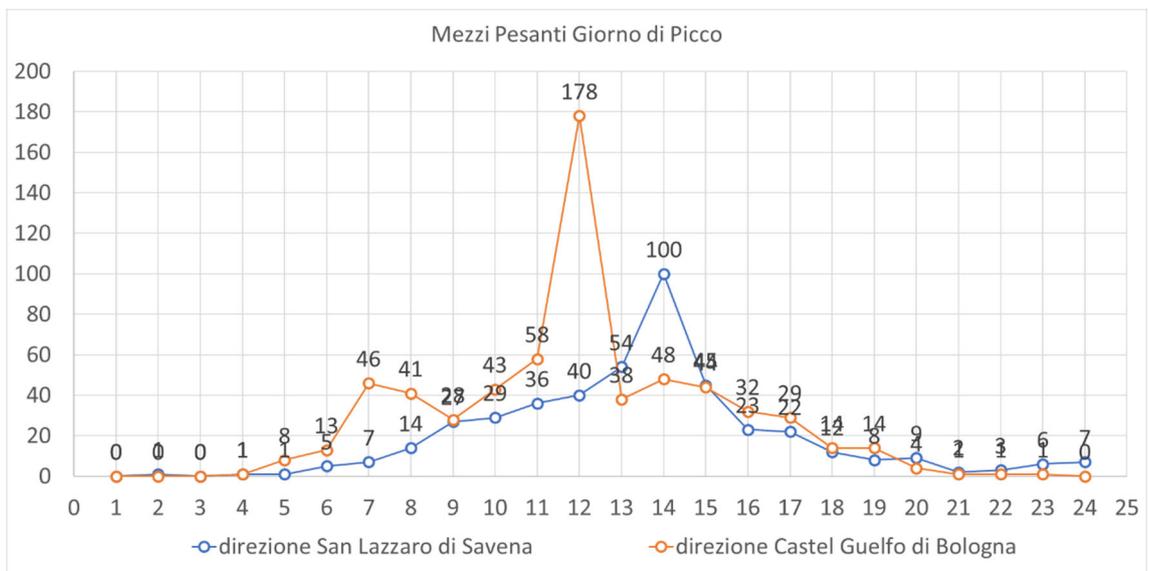


Figura 3-15: Profilo di Traffico – Mezzi Pesanti – Rilevamento Giorno di Picco

Si Nota come la centralina di rilevamento sia disposta su una strada ad alto scorrimento nelle vicinanze. Un valore più attendibile per i flussi di traffico nelle strade oggetto di analisi, si riducono i valori rilevati di un decimo.

Si noti, come lecito attendersi, dato il tipo di strada in cui viene effettuato il rilevamento; che il traffico leggero sia molto superiore al pesante. Arrotondando per eccesso, la strada risulta essere percorsa in quel punto di rilevamento, in media, da:

- 124 autoveicoli leggeri
- 14 automezzi commerciali
- 18 automezzi pesanti

Analizzando e considerando, a favore di sicurezza i valori di picco registrati per tutto l'arco temporale (8 mesi di registrazioni), e mediando sulle peggiori 3 ore, si ottiene un numero di veicoli giornalieri medio di:

- $\frac{87+124+88+52}{4} \cong 88$ autoveicoli leggeri
- $\frac{7+14+9+9}{4} \cong 10$ automezzi commerciali
- $\frac{5+6+18+4}{4} \cong 9$ automezzo pesante

Il numero medio di veicoli rilevati, su base giornaliera presenta un picco 670 automezzi leggeri, registrati attorno alle ore 18:00. La velocità di percorrenza oscilla tra gli 50km/h e i 70km/h, per una velocità media di 60km/m.

Si noti come il 20.51% dei veicoli rilevati sia di tipo pesante, mentre l' 79.49% sia di tipo leggero.

Sull'arco stradale analizzato, che si stacca dall'autostrada, sono presenti 12 accessi a raso laterali

La velocità massima percorribile dal mezzo pesante sulla strada provinciale è pari ad 50km/h. Si assume questo come valore di BFFS

Vengono assunti i seguenti valori dei coefficienti correttivi:

$$f_{LS} = 6.8$$

$$f_A = 8.0 \text{ (dato interpolato tra 12 e 12)}$$

Si ottiene quindi

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A = 50 - 6.8 - 8.00 = 35.2 \text{ km/h} = FFS$$

I dati di traffico riportano, per il momento di picco, con campionamento orario sono pari a:

Ora	Traffico Tot
17:00	99
18:00	144
19:00	115
20:00	65

Il calcolo del fattore di picco PHF, riferito al flussogramma con frequenza di campionamento 60min, è possibile calcolarlo, a favore di sicurezza nel momento di picco del traffico, come:

$$PHF = \frac{\text{Peek Volume}}{4 \cdot \text{Max Volume}_{60}} = \frac{99 + 144 + 115 + 65}{4 \cdot 144} = 0.73$$

I fattori di frazione percentuale, ed i relativi fattori di equivalenza, risultano:

$$P_T = 20.51\% \quad E_T = 1.5$$

$$P_R = 79.49\% \quad E_R = 1.2$$

È possibile quindi determinare:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} = \frac{1}{1 + 0.2051(1.5 - 1) + 0.7949(1.2 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.793$$

Tali valori verranno utilizzati per calcolare:

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_G} = \frac{106}{0.73 \cdot 1 \cdot 0.793 \cdot 1} = 182.09$$

Dove:

$$V = \frac{87 + 124 + 88 + 52}{4} \cong 106$$

Risulta poi possibile determinare anche:

$$ATS = FFS - 0.0125 \cdot V_p - f_{np} = 35.2 - 0.0125 \cdot 182.09 - 2.3 = 30.624$$

Si possono determinare i successivi parametri:

$$BPTSF = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot V_p}) = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot 182.09}) = 79.82$$

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} = 79.82 + 17.2 = 97.02$$

Dato che, le basi teoriche di queste formulazioni, sono calibrate sulla rete viaria Statunitense, oltre che al loro volume di traffico; si seguono le indicazioni date dalla regione Lombardia, di utilizzare solamente il parametro "PTSF" per la classificazione del livello di servizio, dell'arco stradale indagato.

Si nota come:

$$PTSF = 97.02 > 88 \rightarrow \text{Livello di Servizio E}$$

3.9.2 Analisi dello Stato di Progetto dell'Arco Viario – Castelguelfo

Durante le fasi di cantiere, si prevede di trasportare i moduli fotovoltaici, i tracker e i materiali per le sottostrutture di supporto; tramite autoarticolati pesanti. Si prevedono i seguenti volumi di traffico asserviti al cantiere:

- Trasporto moduli fotovoltaici: saranno installati 52472 pannelli fotovoltaici. Per il trasporto dei moduli si prevede l'accesso al sito di circa **150 automezzi** su autoarticolati da 40 piedi.
- Trasporto tracker e strutture di sostegno: in totale saranno installate 1032 stringhe, si stima l'accesso al sito circa **35 automezzi** di categorie N2 e N3 per la fornitura delle strutture metalliche a sostegno dei moduli.
- Trasporto cabine elettrice, inverter, apparecchiature elettromeccaniche di stazione ed esecuzione di opere edili: si stima un accesso di circa **30 automezzi**. (si considera che verranno riutilizzati edifici esistenti come alloggiamento degli apparati elettromeccanici a servizio dell'impianto, non rendendosi necessarie le cabine prefabbricate).

- Trasporto altro materiale: di entità nettamente inferiore:
 - I mezzi per il trasporto delle attrezzature e delle installazioni di cantiere (container, generatori, ecc) si stimano **5 automezzi**
 - I mezzi di trasporto dei rifiuti di cantiere (durante tutto il cantiere); si stimano **2 automezzi**
 - I mezzi di trasporto del personale addetto (durante tutto il cantiere). Si stimano **10 automezzi leggeri ogni giorno.**

Stimando un afflusso per il conferimento dei materiali, a favore di sicurezza, per 3 mesi (4 settimane da 5 giorni lavorativi per ogni mese), gli automezzi leggeri presenti saranno quindi:

$$\text{Automezzi Leggeri} = 10 \cdot (4 \cdot 5 \cdot 3) = 600$$

Il numero di automezzi aggiuntivi durante le fasi di cantiere può quindi stimarsi nel seguente modo:

Tabella 3-13: Automezzi Aggiuntivi Periodo di Cantiere

Automezzi						
Pesanti					Leggeri	
Moduli Fotovolt.	Tracker	Cabine e Inverter	Attrezzatura Cantiere	Rifiuti	Personale Addetto	
150	35	30	5	2	600	totali
2.50	0.58	0.50	0.08	0.03	10	giornalieri

Automezzi Giornalieri	
Pesanti	3.70
Leggeri	10

Il numero di automezzi, andrà a sommarsi al profilo di traffico già identificato per lo stato di fatto. A favore di sicurezza si assume che tutto il traffico sia concentrato nel momento di picco massimo, per massimizzare gli effetti.

Il numero totale di autoveicoli sarà quindi

Tipologia	Stato di Fatto	Aggiuntivi	Stato di Progetto	%
Leggeri	124	10	134	78.82%
Pesanti	32	3.7	36	21.18%

Vengono assunti i seguenti valori dei coefficienti correttivi:

$$f_{LS} = 6.8$$

$$f_A = 8.0$$

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A = 50 - 6.8 - 8 = 35.2 \text{ km/h} = FFS$$

Si ipotizza, di spalmare il traffico durante l'orario lavorativo (8 ore). Si considera quindi a favore di sicurezza che un terzo dei mezzi aggiuntivi (quelli transitanti nell'orario lavorativo) sia concentrato nel picco di traffico. I dati di traffico riportano, per l'ora di picco, con campionamento 60min (arrotondando comunque per eccesso):

i 14 mezzi aggiuntivi (10+3.7), spalmati su 8 ore, e considerando che un terzo sia concentrato nel periodo di picco, saranno quindi pari a:

$$\frac{14}{8} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1.75}{3} = 0.5833 \rightarrow 1$$

Arrotondando per eccesso si considera un veicolo aggiuntivo

Ora	Traffico Tot
17:00	99+1
18:00	144+1
19:00	115+1
20:00	65+1

Il calcolo del fattore di picco PHF, riferito al flussogramma con frequenza di campionamento 60min, è possibile calcolarlo, a favore di sicurezza nel momento di picco del traffico, come:

$$PHF = \frac{Peak\ Volume}{4 \cdot Max\ Volume_{60}} = \frac{100 + 145 + 116 + 66}{4 \cdot 145} = 0.74$$

I fattori di frazione percentuale, ed i relativi fattori di equivalenza, risultano:

$$P_T = 21.05\% \quad E_T = 1.5$$

$$P_R = 78.95\% \quad E_R = 1.2$$

È possibile quindi determinare:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} = \frac{1}{1 + 0.2118(1.5 - 1) + 0.7882(1.2 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.791$$

Tali valori verranno utilizzati per calcolare:

$$V_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_G} = \frac{107}{0.74 \cdot 1 \cdot 0.791 \cdot 1} = 183.64$$

Risulta poi possibile determinare anche:

$$ATS = FFS - 0.0125 \cdot V_p - f_{np} = 35.2 - 0.0125 \cdot 183.64 - 2.3 = 30.604$$

Si possono determinare i successivi parametri:

$$BPTSF = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot V_p}) = 100 \cdot (1 - e^{-0.00879 \cdot 183.64}) = 80.10$$

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} = 80.10 + 17.2 = 97.30$$

Dato che, le basi teoriche di queste formulazioni, sono calibrate sulla rete viaria Statunitense, oltre che al loro volume di traffico; si seguono le indicazioni date dalla regione Lombardia, di utilizzare solamente il parametro “PTSF” per la classificazione del livello di servizio, dell’arco stradale indagato.

Si nota come:

$$PTSF = 97.30 > 88 \rightarrow \text{Livello di Servizio E}$$

Il livello di servizio della strada, per la direzione considerata, non cambia di classeo. Si noti come il valore dell’indicatore PTSF rimanga sostanzialmente invariato (una variazione dello 0.28%, assolutamente trascurabile per il fenomeno oggetto di studio).

Si considera quindi accettabile l’incremento di carico viabilistico.

3.10 Conclusioni

In conclusione si può affermare che il cantiere, secondo le analisi sopra riportate, impatterà sulla viabilità esistente in misura irrisoria. L’impatto viabilistico si può quindi considerare trascurabile.