

AUTOSTRADA (A12) : ROMA - CIVITAVECCHIA

TRATTO: CERVETERI - TORRIMPIETRA

POTENZIAMENTO FUNZIONALE TRATTO CERVETERI - TORRIMPIETRA

PROGETTO DEFINITIVO


DOCUMENTAZIONE GENERALE

PARTE GENERALE

STUDIO DI TRAFFICO

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Stefano Santambrogio Ord. Ingg. Milano n.A27107 RESPONSABILE ANALISI TRASPORTISTICHE	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Danilo D'Alessandro Ord. Ingg. L'Aquila N. 1503	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 RESPONSABILE PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
---	---	---

CODICE IDENTIFICATIVO										ORDINATORE	
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog., Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111206	LL00	PD	DG	GEN	00000	00000	R	A T R	0001	00	SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:				SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
									n.	data
									0	LUGLIO 2018
									1	-
									2	-
REDATTO:				VERIFICATO:				3	-	
								4	-	

	VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO ING. M. TORRESI	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI
--	---	---

Sommario

1	INTRODUZIONE	5
2	DATI DI TRAFFICO	6
2.1	DATI DI RIFERIMENTO	6
2.2	COMPLEMENTARIETÀ DATI INFOBLU, VIDEO E FCD	10
3	ANALISI DATI	12
3.1	DIARIO DI TRATTA	12
3.2	FLUSSI.....	12
3.3	VELOCITÀ	16
3.3.1	<i>Dati Infoblu - Velocità carreggiata Sud</i>	16
3.3.3	<i>Dati Infoblu - Velocità carreggiata Nord</i>	19
3.3.4	<i>FCD - Velocità rilevate in carreggiata Sud</i>	20
3.3.5	<i>FCD - Velocità rilevate in carreggiata Nord</i>	22
3.5	VIDEO	24
3.5.1	<i>Video carreggiata Sud: svincolo di Cerveteri e area di sosta Pineto</i>	24
3.5.3	<i>Video carreggiata Sud: svincolo di Torrimpietra</i>	25
3.5.5	<i>Video carreggiata Nord: svincolo di Cerveteri</i>	26
3.5.7	<i>Video carreggiata Nord: svincolo di Torrimpietra</i>	27
3.6	CONCLUSIONI.....	28
4	MICROMODELLO	30
4.1	SIMULAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE VEICOLARE	30
4.2	MODELLO E SCENARI CONSIDERATI	31
4.3	VALIDAZIONE	32
4.3.1	<i>Scenario attuale carreggiata Sud: validazione velocità</i>	33
4.3.2	<i>Scenario attuale carreggiata Sud: validazione tempi di percorrenza</i>	34
4.3.3	<i>Scenario attuale carreggiata Sud: velocità nell'ora di punta</i>	35
4.3.4	<i>Scenario attuale carreggiata Nord: validazione velocità nell'ora di punta</i>	36
4.3.5	<i>Scenario attuale carreggiata Nord: validazione tempi di percorrenza nell'ora di punta</i>	38
5	SCENARIO PROGETTUALE 2017	40
5.1	PROGETTO	40
5.2	MODELLO	41
5.3	RISULTANZE SCENARIO PROGETTUALE 2017	41
5.3.1	<i>Scenario progettuale 2017 carreggiata Sud</i>	41
5.3.2	<i>Scenario progettuale 2017 carreggiata Nord</i>	44
6	SCENARI PROGRAMMATICI FUTURI	46
6.1	MODELLO	46
6.2	RISULTANZE SCENARI PROGRAMMATICI CARREGGIATA SUD.....	46
6.2.1	<i>Velocità</i>	46
6.2.2	<i>Tempi di percorrenza</i>	47
6.3	RISULTANZE SCENARI PROGRAMMATICI CARREGGIATA NORD.....	48
6.3.1	<i>Velocità</i>	48
6.3.2	<i>Tempi di percorrenza</i>	50
7	SCENARI PROGETTUALI FUTURI	51
7.1	RISULTANZE SCENARI PROGETTUALI FUTURI CARREGGIATA SUD	51
7.1.1	<i>Velocità</i>	51
7.1.2	<i>Tempi di percorrenza</i>	52
7.2	RISULTANZE SCENARI PROGETTUALI FUTURI CARREGGIATA NORD	53

7.2.1	Velocità	53
7.2.2	Tempi di percorrenza	54
7.3	VERIFICA LOS DELLA ROTATORIA DI PROGETTO	55
8	CONFRONTO SCENARI PROGRAMMATICI – PROGETTUALI.....	57
8.1	CONFRONTO RISULTANZE CARREGGIATA SUD	57
8.1.1	Scenari programmatico e progettuale 2022	57
8.1.2	Scenari programmatico e progettuale 2032	58
8.2	CONFRONTO RISULTANZE CARREGGIATA NORD	59
8.2.1	Scenari programmatico e progettuale 2022	59
8.2.2	Scenari programmatico e progettuale 2032	60
9	ANALISI DI FUNZIONALITA' DELLA TRATTA IN CONDIZIONI ORDINARIE (GIORNO FERIALE MEDIO DEL PERIODO NEUTRO).....	62
10	CONCLUSIONI.....	64
10.1	SINTESI DELLO STUDIO	64
10.2	CONSIDERAZIONI FINALI	67

Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 2-1. RILIEVI DI TRAFFICO	6
TABELLA 2-2. FILMATI	7
TABELLA 4-1. CRESCITA DELLA DOMANDA	31
TABELLA 4-2. SCENARI DI MICROSIMULAZIONE	32
TABELLA 7-1. LOS ROTATORIA DI PROGETTO 2022 (ORA DI PUNTA CARREGGIATA SUD).....	56
TABELLA 7-2. LOS ROTATORIA DI PROGETTO 2022 (ORA DI PUNTA CARREGGIATA NORD)	56
TABELLA 9-1. RANGE LIVELLI DI SERVIZIO DA HCM.....	63
TABELLA 9-2. CALCOLO LIVELLI DI SERVIZIO PER LA TRATTA A12 CERVETERI - TORRIMPIETRA.....	63
FIGURA 2-1. SCHEMA RETE	6
FIGURA 2-2. LOCALIZZAZIONE RILIEVI TRAFFICO	7
FIGURA 2-3. LOCALIZZAZIONE RILIEVI TRAFFICO	7
FIGURA 2-4. LOCALIZZAZIONE TELECAMERE	8
FIGURA 2-5. LOCALIZZAZIONE TELECAMERE	8
FIGURA 2-6. VISUALIZZAZIONE PROPAGAZIONE RALLENTAMENTI DA DATI INFOBLU	9
FIGURA 2-7. ESEMPIO DI TRACCIATO FCD	10
FIGURA 2-8. ESEMPIO ELABORAZIONE DATO FCD.....	10
FIGURA 2-9. UTILIZZO COMPLEMENTARE DATI INFOBLU E FCD.....	11
FIGURA 3-1. SVINCOLO TORRIMPIETRA – ANDAMENTO ORARIO FLUSSI IN USCITA DOMENICA 23 LUGLIO 2017	12
FIGURA 3-2. FLUSSI GIORNALIERI ALLE BARRIERE DI ROMA OVEST + TORRIMPIETRA	13
FIGURA 3-3. FLUSSI ORARI ALLE BARRIERE DI ROMA OVEST + TORRIMPIETRA	13
FIGURA 3-4. FLUSSI ORARI RAMPA DI IMMISSIONE CERVETERI CARREGGIATA SUD	14
FIGURA 3-5. FLUSSI ORARI ASSE PRINCIPALE TRA LA DIVERSIONE E L’IMMISSIONE DI CERVETERI IN CARREGGIATA SUD.....	14
FIGURA 3-6. FLUSSI ORARI ROMA OVEST + TORRIMPIETRA IN USCITA.....	15
FIGURA 3-7. FLUSSI ORARI RAMPA DI DIVERSIONE CERVETERI CARREGGIATA NORD	15
FIGURA 3-8. FLUSSI ORARI ASSE PRINCIPALE PRIMA DELLA DIVERSIONE DI CERVETERI IN CARREGGIATA NORD	16
FIGURA 3-9. FLUSSI ORARI ROMA OVEST + TORRIMPIETRA IN ENTRATA	16
FIGURA 3-10. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA SUD – PARTENZA 17:10	20
FIGURA 3-11. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA SUD – PARTENZA 17:30	20
FIGURA 3-12. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA SUD – PARTENZA 17:50	21
FIGURA 3-13. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA SUD – PARTENZA 18:40	21
FIGURA 3-14. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA SUD – PARTENZA 20:20	21
FIGURA 3-15. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA NORD – PARTENZA 17:20.....	22
FIGURA 3-16. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA NORD – PARTENZA 17:30.....	22
FIGURA 3-17. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA NORD – PARTENZA 18:40.....	23
FIGURA 3-18. TRACCIAMENTO FCD IN CARREGGIATA NORD – PARTENZA 19:50.....	23
FIGURA 3-19. LOCALIZZAZIONE TELECAMERE E VERSO DI RIPRESA.....	26
FIGURA 3-20. INTERSEZIONE A12 – SP4A	29
FIGURA 4-1. ESEMPIO RETE MICRO SIMULATA.....	30
FIGURA 4-2. DIAGRAMMI DI VALIDAZIONE CARREGGIATA SUD FASCIA 17:00-18:00.....	33
FIGURA 4-3. DIAGRAMMI DI VALIDAZIONE CARREGGIATA SUD FASCIA 17:00-18:00.....	34
FIGURA 4-4. VELOCITÀ CARREGGIATA SUD ORA DI PUNTA 22:00 – 23:00	35
FIGURA 4-5. DIAGRAMMI DI VALIDAZIONE CARREGGIATA NORD ORA DI PUNTA 17:00-18:00	36
FIGURA 4-6. DIAGRAMMI DI VALIDAZIONE CARREGGIATA NORD ORA DI PUNTA 17:00-18:00	37
FIGURA 4-7. DIAGRAMMI DI VALIDAZIONE CARREGGIATA NORD ORA DI PUNTA 17:00-18:00	38
FIGURA 5-1. IL PROGETTO NEI PRESSI DELLO SVINCOLO DI TORRIMPIETRA	40
FIGURA 5-2. IL PROGETTO NEI PRESSI DELLO SVINCOLO DI CERVETERI.....	41
FIGURA 5-3. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALE: VELOCITÀ.....	41
FIGURA 5-4. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALE: TEMPI DI PERCORRENZA.....	43
FIGURA 5-5. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALE: VELOCITÀ.....	44
FIGURA 5-6. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALE: TEMPI DI PERCORRENZA.....	45
FIGURA 6-1. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGRAMMATICI 2022 E 2032: VELOCITÀ.....	46
FIGURA 6-2. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGRAMMATICI 2022 E 2032: TEMPI DI PERCORRENZA.....	47

FIGURA 6-3. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGRAMMATICI 2022 E 2032: VELOCITÀ.....	48
FIGURA 6-4. CRITICITÀ ALL'IMMISSIONE DI TORRIMPIETRA NEGLI SCENARI FUTURI.....	49
FIGURA 6-5. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGRAMMATICI 2022 E 2032: TEMPI DI PERCORRENZA.....	50
FIGURA 7-1. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALI 2022 E 2032: VELOCITÀ.....	51
FIGURA 7-2. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALI 2022 E 2032: TEMPI DI PERCORRENZA.....	52
FIGURA 7-3. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALI 2022 E 2032: VELOCITÀ.....	53
FIGURA 7-4. CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALI 2022 E 2032: TEMPI DI PERCORRENZA.....	54
FIGURA 7-5. ROTATORIA DI PROGETTO	56
FIGURA 8-1. CONFRONTO SCENARIO PROGRAMMATICO VS PROGETTUALE 2022: VELOCITÀ	57
FIGURA 8-2. CONFRONTO SCENARIO PROGRAMMATICO VS PROGETTUALE 2032: VELOCITÀ	58
FIGURA 8-3. CONFRONTO SCENARIO PROGRAMMATICO VS PROGETTUALE 2022: VELOCITÀ	59
FIGURA 8-4. CONFRONTO SCENARIO PROGRAMMATICO VS PROGETTUALE 2032: VELOCITÀ	60
FIGURA 9-1. ANDAMENTO ORARIO DEI FLUSSI DEL GIORNO 16 MARZO 2017 – SOMMA BARRIERE DI ROMA OVEST E TORRIMPIETRA - CARREGGIATA NORD [VEICOLI TOTALI]	62
FIGURA 9-2. ANDAMENTO ORARIO DEI FLUSSI DEL GIORNO 16 MARZO 2017 – SOMMA BARRIERE DI ROMA OVEST E TORRIMPIETRA - CARREGGIATA SUD [VEICOLI TOTALI]	63
FIGURA 10-1. CARREGGIATA SUD - CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALE: TEMPI DI PERCORRENZA.....	65
FIGURA 10-2. CARREGGIATA NORD - CONFRONTO SCENARIO BASE VS PROGETTUALE: TEMPI DI PERCORRENZA	65
FIGURA 10-3. CARREGGIATA SUD: CONFRONTO SCENARIO PROGRAMMATICO VS PROGETTUALE 2022: VELOCITÀ	66
FIGURA 10-4. CARREGGIATA SUD: CONFRONTO SCENARIO PROGRAMMATICO VS PROGETTUALE 2032: VELOCITÀ	66
FIGURA 10-5. CARREGGIATA NORD: CONFRONTO SCENARIO PROGRAMMATICO VS PROGETTUALE 2022: VELOCITÀ.....	66
FIGURA 10-6. CARREGGIATA NORD: CONFRONTO SCENARIO PROGRAMMATICO VS PROGETTUALE 2032: VELOCITÀ.....	67

1 INTRODUZIONE

Il presente report descrive le attività e le analisi trasportistiche effettuate lungo la tratta Cerveteri – Torrioni della autostrada A12 Roma – Civitavecchia, al fine di definirne le criticità capacitive e valutarne i possibili potenziamenti da un punto di vista trasportistico.

Lo studio è stato impostato seguendo i tipici passaggi di un'analisi trasportistica. In primis è stata effettuata una raccolta dati per fotografare lo stato di fatto ed evidenziarne le criticità, poi si è cercato di definire le cause di tali criticità, successivamente sono stati ipotizzati gli interventi infrastrutturali migliorativi ed infine si è verificata l'efficacia di questi interventi.

La valutazione dei benefici apportati dagli interventi progettuali è stata realizzata in riferimento alla situazione attuale, ma anche considerando orizzonti temporali futuri di breve e lungo termine.

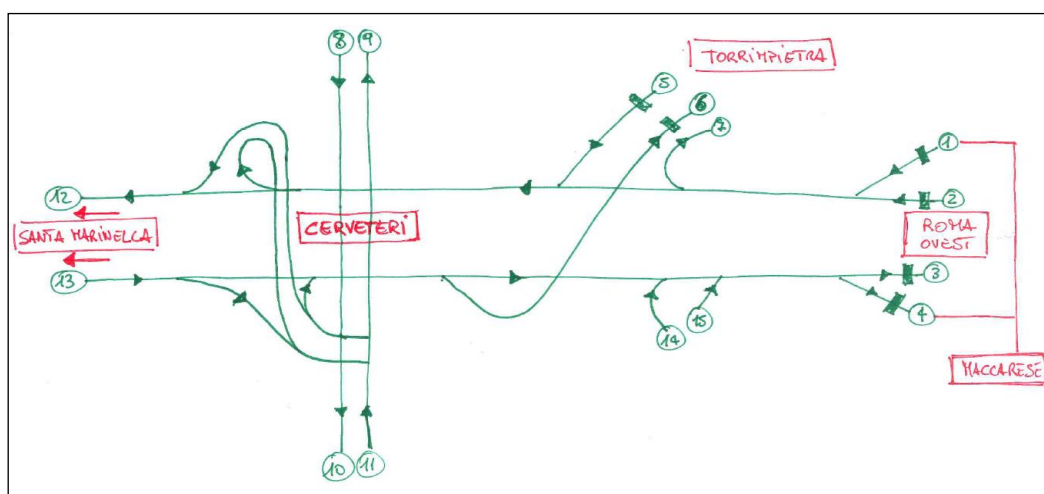
2 DATI DI TRAFFICO

2.1 DATI DI RIFERIMENTO

L'analisi dello stato di fatto è stata effettuata sulla base dei dati disponibili nella banca dati di Autostrade per l'Italia (ASPI) e di Infoblu e sulla base di dati appositamente raccolti.

Essendo la tratta Cerveteri – Torrioni gestita in aperto, per avere una indicazione in continuo dei flussi su essa transitanti, si è fatto riferimento alla barriera di Roma Ovest e al casello di Torrioni rispetto ai quali sono disponibili i flussi con aggregazione oraria e distinti secondo le 5 classi tariffarie che sono riconducibili alle tre tipiche classi veicolari utilizzate per le analisi di traffico: veicoli leggeri, veicoli commerciali leggeri e veicoli commerciali pesanti.

Figura 2-1. Schema rete



Per integrare i dati di deflusso veicolare ed avere indicazioni di carico anche in termini di rampe di svincolo, si è provveduto ad effettuare una campagna di rilevamento dei flussi. Nello specifico sono stati effettuati 10 rilievi tramite radar nel periodo compreso tra venerdì 21 e lunedì 24 luglio 2017; in corrispondenza delle rampe di ingresso/uscita dello svincolo di Cerveteri sono stati inoltre eseguiti conteggi manuali della durata di 2 ore nelle fasce di punta. E' stata indagata anche l'Area di Sosta Il Pineto in Carreggiata Sud.

Tabella 2-1. Rilievi di Traffico

Codice Rilievo (cfr Figure seguenti)	Posizione
1	Rampa di immissione Cerveteri carr. Sud
2	Rampa di immissione Cerveteri carr. Nord
3	Rampa di uscita Cerveteri carr. Nord
4	Rampa di uscita Cerveteri carr. Sud
5	Carr. Nord prima di svincolo Cerveteri
6	Carr. Sud dopo la diversione e prima dell'immissione di Cerveteri
7	Immissione Torrioni carr. Sud da SS11 Est
8	Immissione Torrioni carr. Sud da SS11 Ovest
9	Rampa di uscita Torrioni carr. Nord
	Carr. Sud ingresso ad area di sosta Pineto

Figura 2-2. Localizzazione rilievi traffico



Figura 2-3. Localizzazione rilievi traffico



A queste informazioni si sono sommate quelle recepite dal registro degli eventi disponibile presso la Direzione di Tronco in cui sono riportati i rallentamenti, gli accodamenti e la loro durata (tempo inizio e tempo fine).

Per analizzare con maggior dettaglio il deflusso veicolare sono stati registrati una serie di filmati utilizzando le telecamere ASPI o posizionandone di apposite. Sono stati indagati tratti in asse, rampe e la viabilità di adduzione allo svincolo di Cerveteri (SP4a).

Tabella 2-2. Filmati

Numero registrazione	Km	Fonte	Posizione telecamera	Inquadratura	Periodo registrazione
1	30	ASPI	Carr. Sud	Sud	21/07/2017 (16.00 – 22.00) 23/07/2017 (16.00 – 22.00)
2	25.6	ASPI	Carr. Nord	Nord	21/07/2017 (16.00 – 22.00) 23/07/2017 (16.00 – 22.00)
3	28	Mobiliter	Carr. Nord	Sud	21/07/2017 (15.00 – 21.00)
4	-	Mobiliter	Intersezione con SP4	Sud (verso SS1)	21/07/2017 (15.00 – 21.00)
5	-	Mobiliter	Intersezione con SP4	Nord (verso rampe)	21/07/2017 (15.00 – 21.00)

Figura 2-4. Localizzazione telecamere

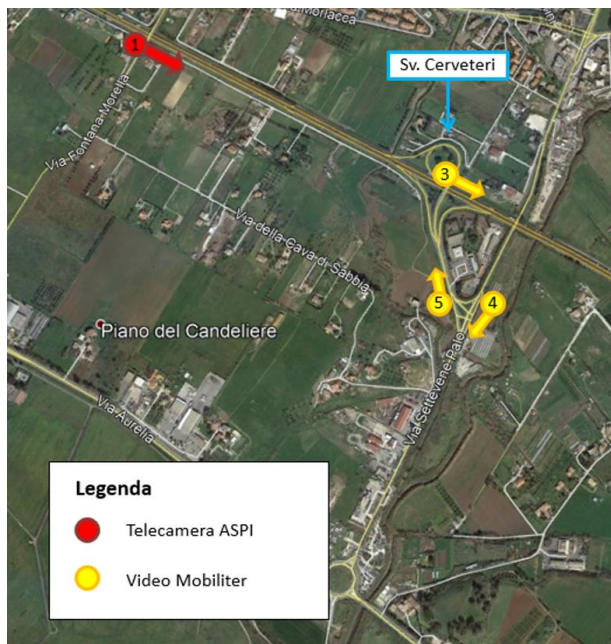
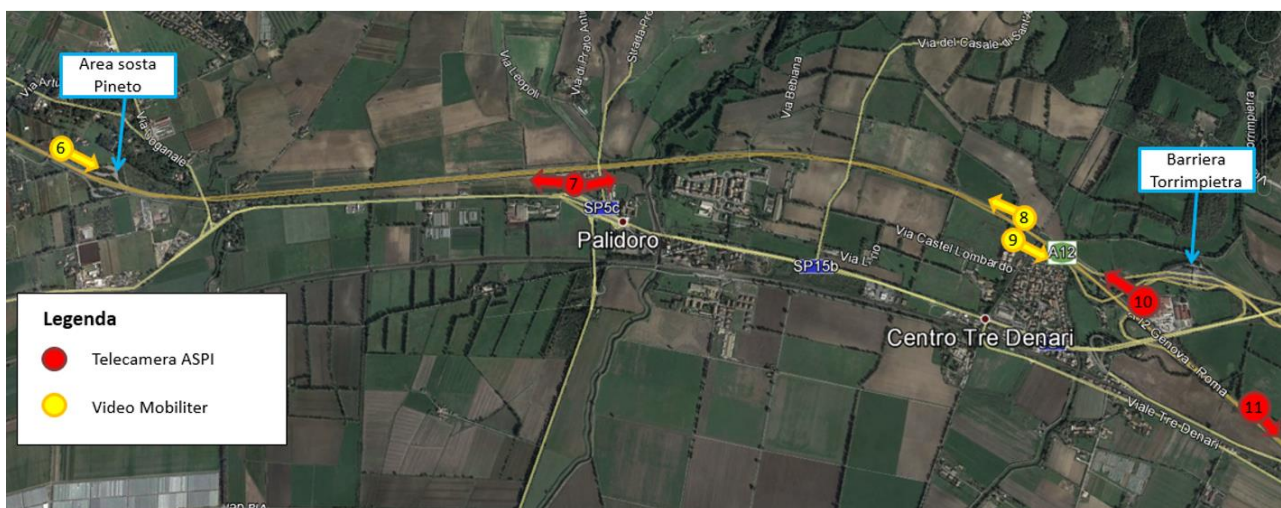


Figura 2-5. Localizzazione telecamere



Per l'analisi delle velocità e dei tempi di percorrenza si è fatto ricorso sia alle informazioni disponibili presso Infoblu sia a quelle desumibili da veicoli sonda (Floating Car Data - FCD) utilizzati in una specifica campagna di indagine.

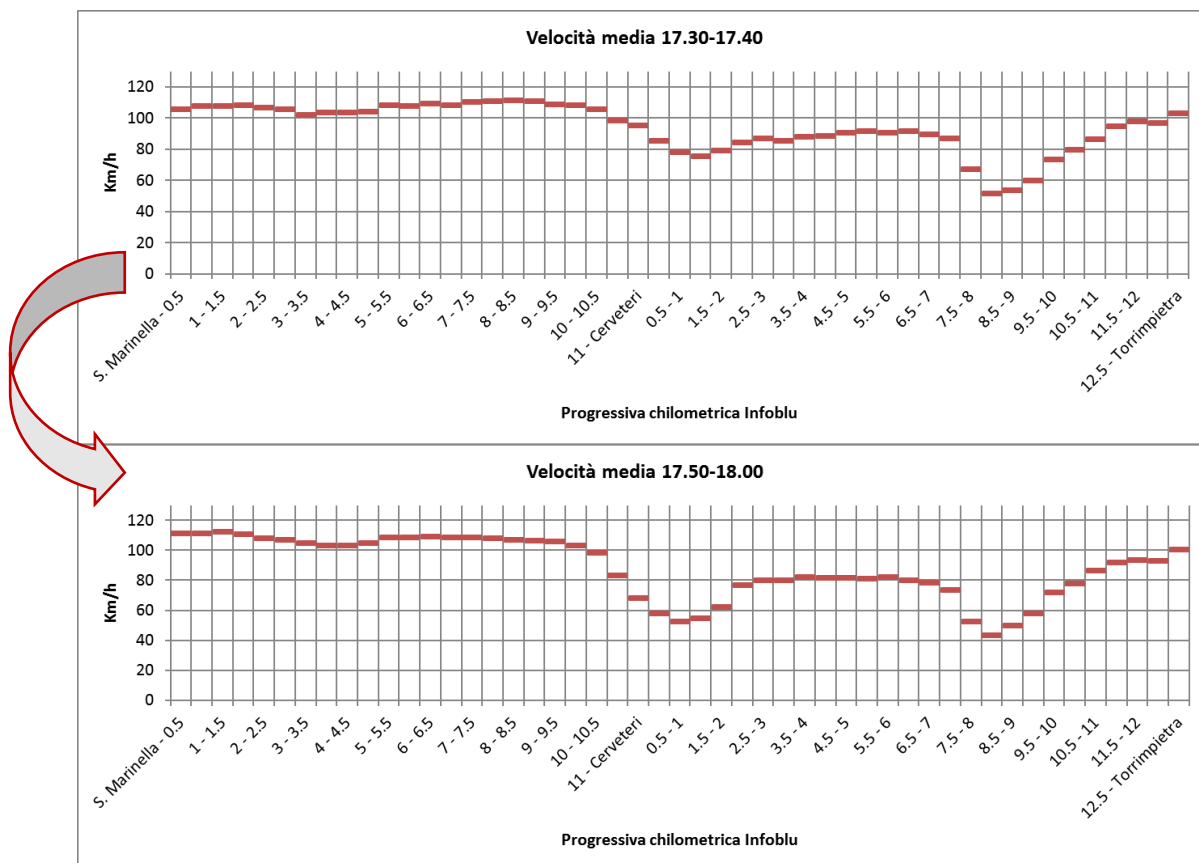
Infoblu fornisce la velocità media stimata nella tratta oggetto di analisi con aggregazione spaziale di 500 metri e temporale di 1 minuto. I dati analizzati hanno riguardato le giornate di venerdì 21 Luglio 2017 per la direzione Nord e domenica 23 Luglio 2017 per la direzione Sud.

I dati forniti da Infoblu sono originati da dati acquisiti da sensori distribuiti lungo tutta la rete autostradale: 2.797 telecamere e 300 telecamere mobili, 1281 sensori di traffico (spire e boe) e 600 varchi telepass. I dati sono inoltre arricchiti da scambi con altre società. In particolare, grazie alla collaborazione di Octotelematics, Infoblu utilizza informazioni rilevate da un milione di veicoli e 290.000 applicazioni installate su dispositivi mobili. Sulla base di tutti questi dati, Infoblu calcola le velocità di percorrenza medie all'interno di tratte di 500m, per intervalli temporali di 1 minuto. Il processo utilizzato da Infoblu per la stima delle velocità include una serie di passaggi: pulitura di eventuali outliers, calcolo della media dei rilevamenti ricadenti nella stessa frazione temporale e tratta (media calcolata su tutte le corsie di marcia), integrazione con dati acquisiti nelle frazioni temporali precedenti al minuto di interesse se necessario e interpolazione per la stima del dato nelle micro tratte e/o frazioni temporali in cui il dato acquisito è mancante.

Il dato di velocità Infoblu è quindi un dato che combina una componente osservata (acquisita da rilevatori) e una componente sintetica prodotta attraverso manipolazione.

I dati di velocità Infoblu forniscono una fotografia dell'andamento delle velocità. Permettono di visualizzare i cambiamenti di velocità sia nel tempo che nello spazio, quindi di seguire l'evoluzione delle criticità, dal momento (e posizione) in cui la criticità si manifesta al momento in cui si risolve. Per esempio i dati di velocità Infoblu sono utili per identificare come un abbassamento di velocità si 'muova' lungo una tratta stradale quando un primo rallentamento provoca rallentamenti delle auto che seguono, con un costante aumento dell'anticipo o dell'intensità della frenata, creando una sorta di onda, il cui fronte si sposta progressivamente lungo la tratta. Il dato Infoblu permette di visualizzare questo fenomeno.

Figura 2-6. Visualizzazione propagazione rallentamenti da dati Infoblu



Per la loro natura ibrida tra componente sintetica e componente osservata e per l'aggregazione spaziale a 500m, i dati Infoblu non riescono tuttavia a catturare fenomeni di stop&go di ridotta estensione.

La tecnica FCD si basa sul tracciamento tramite GPS di dati di posizione, velocità e tempo di un veicolo in movimento all'interno del flusso stradale. Il rilevamento FCD è stato effettuato su percorsi multipli, ripetuti con cadenzamento ogni dieci minuti, sulle seguenti date e fasce temporali:

- Direzione Nord: venerdì 21 Luglio 2017, fascia temporale: 17:00-21:00
- Direzione Sud: domenica 23 Luglio 2017, fascia temporale: 17:00-21:00

Il dato FCD, disponibile in formato *.kmz, può essere caricato su Google Earth con una legenda graduata che mostra l'andamento delle velocità di percorrenza lungo la tratta in esame. Il dato include inoltre informazioni su localizzazione (long./lat.), tempo ed elevazione.

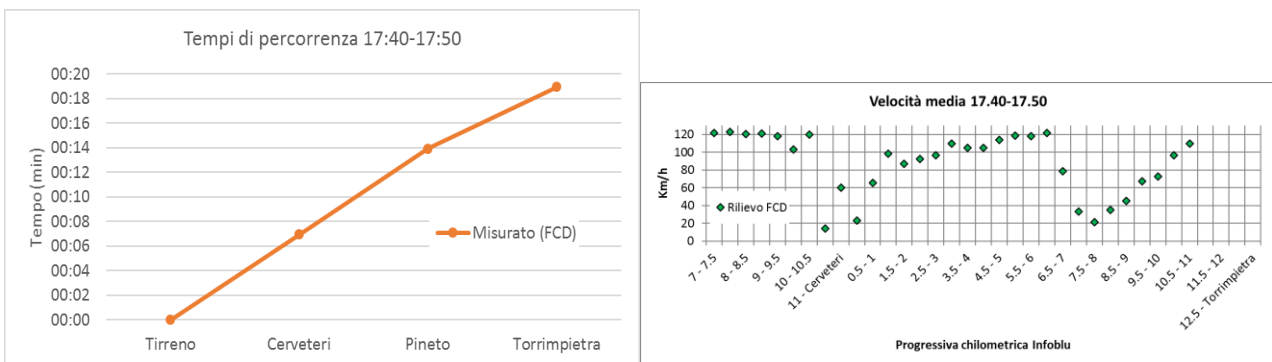
Figura 2-7. Esempio di tracciato FCD



A partire dal formato kmz del dato FCD è stato possibile estrarre:

- in formato tabellare il tempo di percorrenza intermedio e totale, propedeutico alla validazione del modello di simulazione;
- in formato grafico la velocità per effettuare i confronti con il dato Infoblu, propedeutico alla validazione del modello di simulazione.

Figura 2-8. Esempio elaborazione dato FCD



2.2 COMPLEMENTARIETÀ DATI INFOBLU, VIDEO E FCD

I dati di velocità Infoblu sono dati in parte sintetici e rappresentano medie interpolate della situazione reale. Per necessità di utilizzo i dati vengono inoltre mediati su intervalli di 10 minuti. Fenomeni puntuali reali possono quindi, in alcuni casi, non essere inclusi nel dato Infoblu.

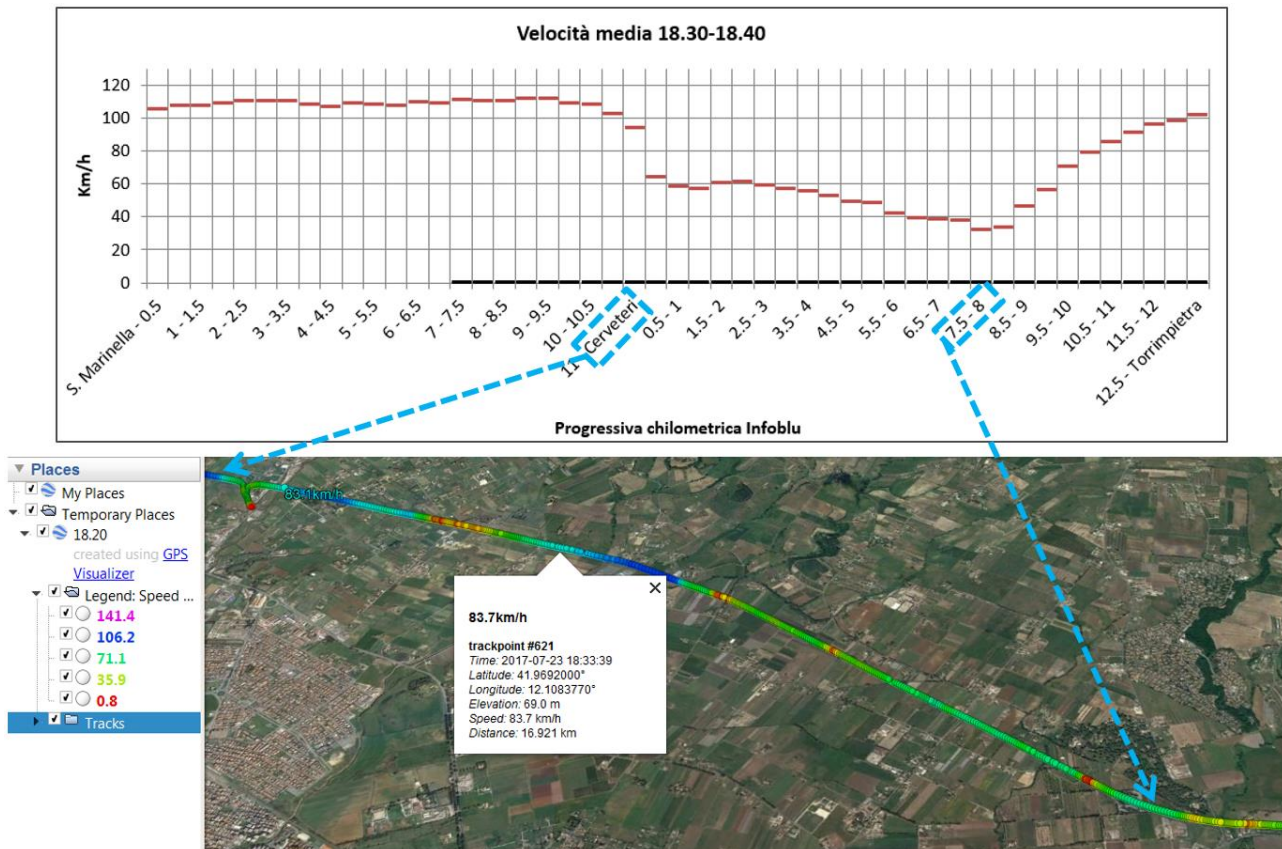
Un esempio di questa situazione è la formazione di brevi fenomeni di coda transitori, della durata di qualche minuto che sono stati invece registrati dalle telecamere. Queste code brevi e transitorie non trovano visualizzazione nei dati Infoblu.

Un secondo esempio sono i rallentamenti tipo stop and go che vengono invece osservati dai rilevamenti FCD. In queste situazioni, in alcuni casi, il dato sintetizzato Infoblu fornisce una rappresentazione di velocità quasi costante lungo la tratta interessata, mentre il dato FCD mostra il fenomeno puntuale.

A parte fenomeni puntuali come quelli citati, il confronto dell'andamento delle velocità fornito dai dati Infoblu trova un buon riscontro nei video registrati da telecamere, in particolare quando i rallentamenti perdurano nel tempo. Il dato di velocità Infoblu va in ogni caso letto come dato medio.

I dati rilevati con tecnica FCD forniscono invece una misurazione puntuale delle velocità che può essere utilizzata a completamento dell'informazione fornita dai dati Infoblu, per avere una visione del deflusso veicolare che includa maggiori informazioni sui fenomeni di stop and go visibili nei video.

Figura 2-9. Utilizzo complementare dati Infoblu e FCD



3 ANALISI DATI

3.1 DIARIO DI TRATTA

L'analisi del Diario di tratta, disponibile presso la Direzione di Tronco, ha messo in evidenza come per la carreggiata Sud le giornate critiche (rallentamenti ed accodamenti) ricadano principalmente la domenica sera dei weekend estivi mentre per la carreggiata Nord le giornate critiche ricadano principalmente il tardo pomeriggio dei venerdì dei weekend estivi.

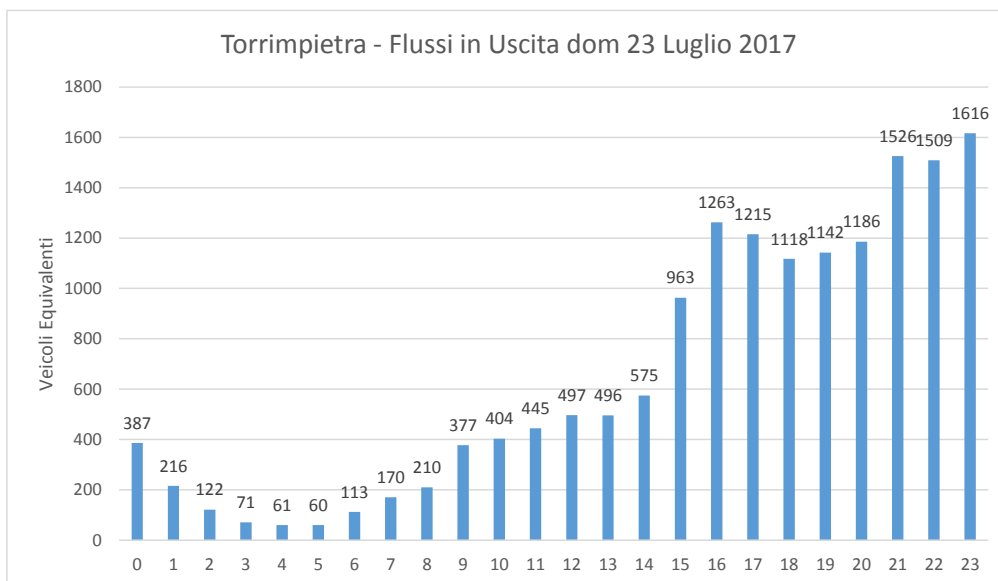
Tali criticità nel deflusso veicolare sono riconducibili, il venerdì tardo pomeriggio, ai picchi di carico dovuti al trasferimento dei romani dalla Capitale verso la costa e, la domenica dal tardo pomeriggio alla tarda sera, al ritorno verso casa dei romani.

Le campagne di indagine si sono così focalizzate durante un weekend di luglio 2017 e nello specifico da venerdì 21 a domenica 23 luglio 2017.

Con riferimento agli accodamenti in carreggiata Sud, dal Diario di tratta è stato possibile desumere che questi terminano con lo svincolo di Torrioni non protrandosi fino alla barriera di Roma Ovest. Ci si è pertanto chiesti se questi accodamenti fossero dovuti ad un deficit di capacità della barriera di Torrioni o della viabilità ordinaria esterna che non riceve (interconnessione con la SS1 Aurelia).

Il Diario di tratta ha escluso entrambe le possibilità non evidenziando accodamenti né in barriera né per "esterno che non riceve". In particolare l'analisi del flusso orario in uscita a Torrioni la domenica 23 luglio 2017 ha evidenziato un flusso massimo di 1616 Veq/h che dimostra come il flusso in uscita sia pienamente compatibile con la capacità (1800 Veq/h) delle rampe di interconnessione con la SS1.

Figura 3-1. Svincolo Torrioni – Andamento orario flussi in uscita domenica 23 luglio 2017



3.2 FLUSSI

Dall'analisi dei flussi orari massimi alle barriere di Torrioni e Roma Ovest nei suddetti giorni è emerso che:

- in carreggiata Sud (uscite), il flusso totale orario più critico di domenica 23 luglio 2017 avviene tra le 22:00 e le 23:00, con 3379 veicoli all'ora.
- in carreggiata Nord (entrate), il flusso totale orario più critico di venerdì 21 luglio 2017 avviene tra le 18:00 e le 19:00 con 3520 veicoli all'ora.

I seguenti istogrammi consentono di confrontare i flussi delle suddette due giornate di picco con i flussi dei giorni di luglio 2016 e del periodo pasquale del 2017.

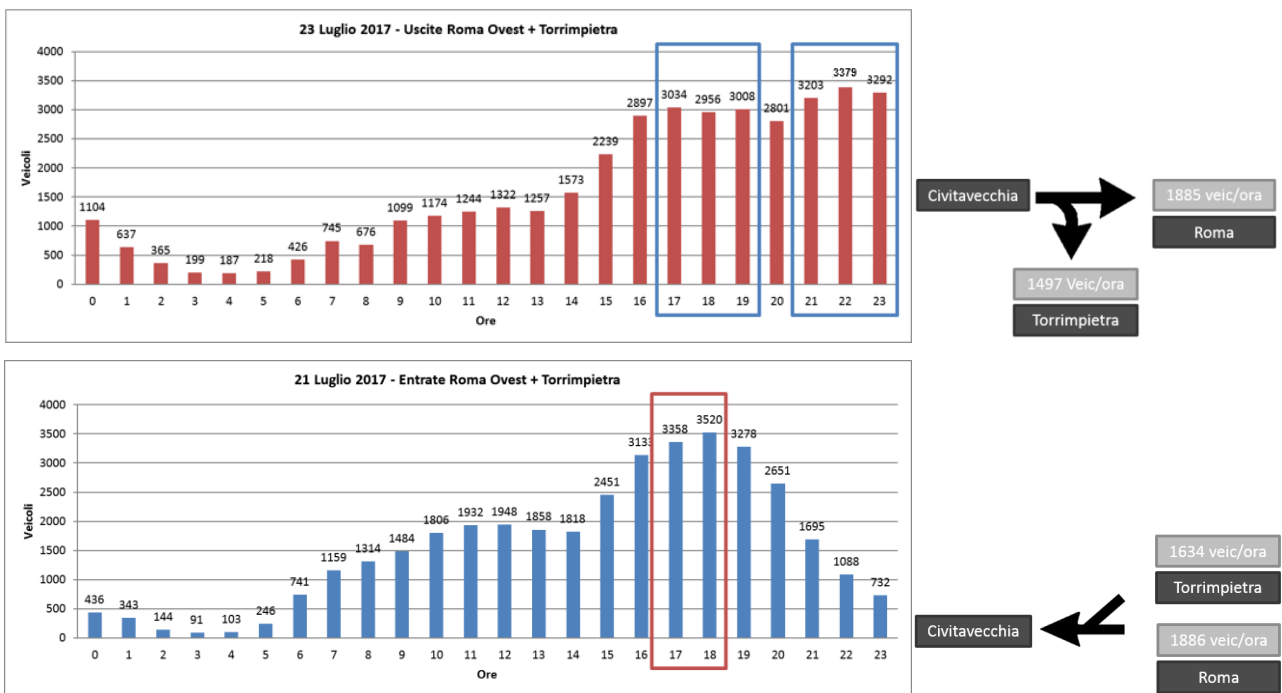
Figura 3-2. Flussi giornalieri alle barriere di Roma Ovest + Torrimpetra



È stata poi svolta un'analisi di traffico orario delle due giornate critiche. I risultati sono i seguenti:

- In carreggiata Sud (uscite), il flusso orario supera i 3200 veic/ora dalle 21:00 alle 24:00. Dei 3379 veic/ora dell'ora più carica (22:00 – 23:00), 1494 veic/ora escono a Torrimpetra mentre 1885 veic/ora vanno a Roma Ovest.
- In carreggiata Nord (entrate), il flusso orario supera 3000 veic/ora dalle 16:00 alle 20:00. Dei 3520 veic/ora dell'ora più carica (18:00 – 19:00), 1634 veic/ora provengono da Torrimpetra mentre 1886 veic/ora da Roma Ovest

Figura 3-3. Flussi orari alle barriere di Roma Ovest + Torrimpetra

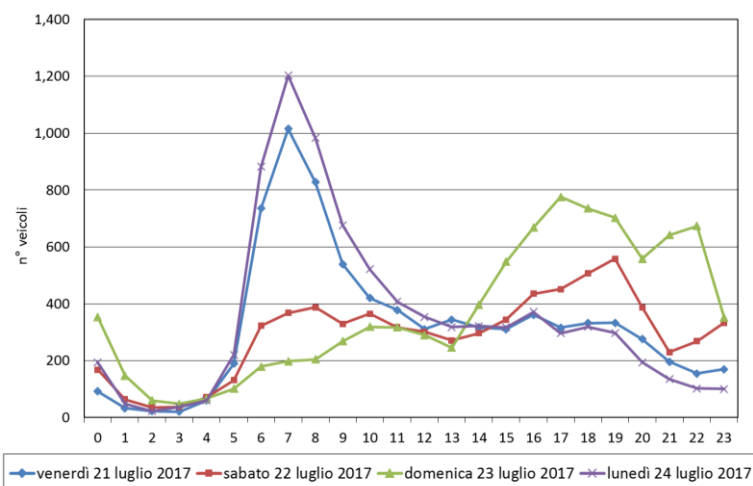


La campagna di indagini effettuata sulle rampe del sistema autostradale ha consentito di effettuare alcune considerazioni che sono qui di seguito sintetizzate.

CARREGGIATA SUD

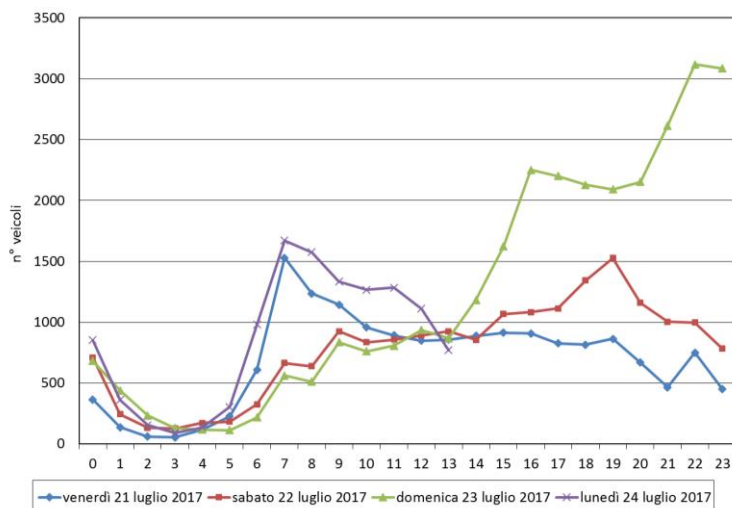
- I flussi orari più significativi per la rampa di immissione in carreggiata Sud a Cerveteri si registrano tra le 7:00 e le 8:00 dei giorni feriali rilevati e sono dovuti agli spostamenti dei pendolari diretti a Roma; considerando il giorno più critico per la tratta oggetto di studio (domenica 23 luglio) il flusso massimo si registra tra le 17:00 e le 18:00 ed è legato al fenomeno di rientro dalle località turistiche.

Figura 3-4. Flussi orari rampa di immissione Cerveteri carreggiata Sud



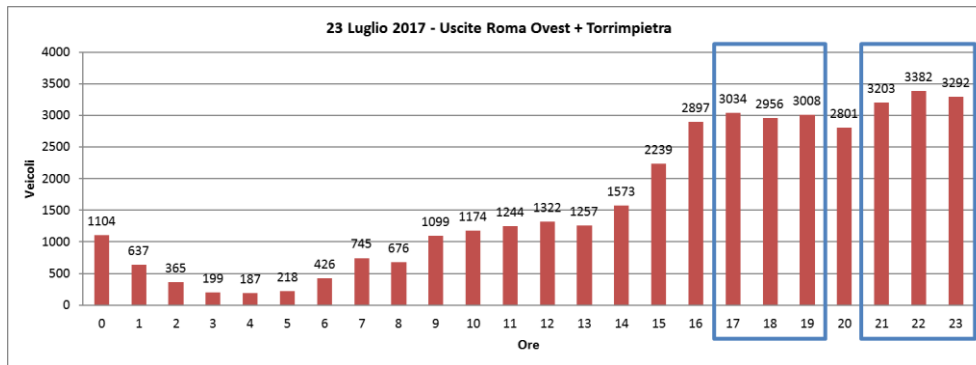
- In corrispondenza dell’asse (più precisamente tra la diversione e l’immissione di Cerveteri), il giorno più critico in termini di flussi è domenica 23 luglio, con un picco di traffico di oltre 3000 veic/h nelle ultime due ore del giorno.

Figura 3-5. Flussi orari asse principale tra la diversione e l’immissione di Cerveteri in carreggiata Sud



- I flussi orari appena esplicitati, assieme ai dati disponibili per le barriere di Roma Ovest e Torrioni, evidenziano come la fascia oraria critica per la carreggiata Sud si estenda dalle 16:00 alle 24:00 di domenica, con picco di traffico lungo l’asse tra le 22:00 e le 23:00 e picco di traffico in entrata a Cerveteri tra le 17:00 e le 18:00.

Figura 3-6. Flussi orari Roma Ovest + Torrimpietra in uscita

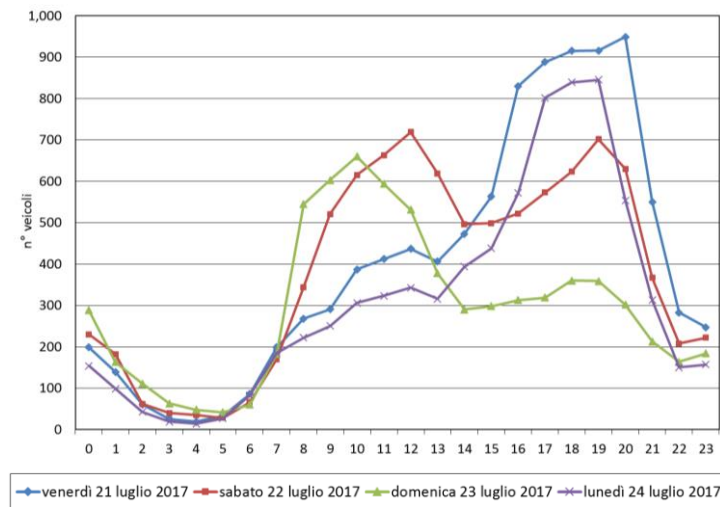


I flussi raccolti da tutte le fonti disponibili sono stati utilizzati per la ricostruzione di una matrice OD oraria significativa per l'ora di punta della carreggiata Sud da poter successivamente essere utilizzata in un modello di micro simulazione.

CARREGGIATA NORD

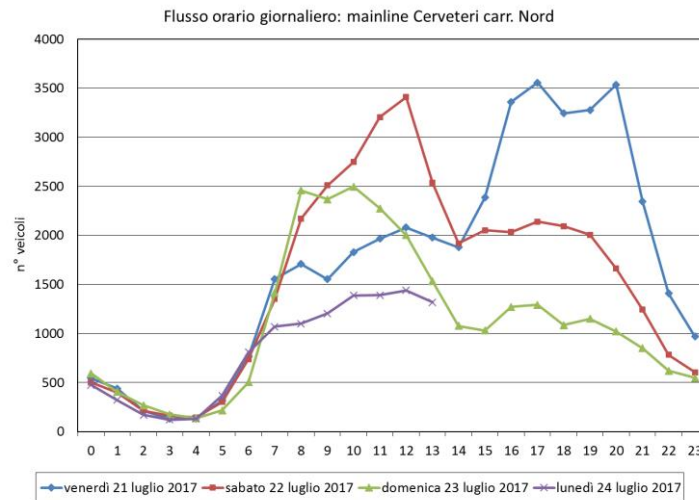
- I flussi orari più significativi per la rampa di uscita a Cerveteri in carreggiata Nord si registrano nelle ore tra le 17:00 e le 21:00 di venerdì 21 luglio; in questo caso, al traffico dei pendolari si somma quello legato agli spostamenti verso le località turistiche.

Figura 3-7. Flussi orari rampa di diversione Cerveteri carreggiata Nord



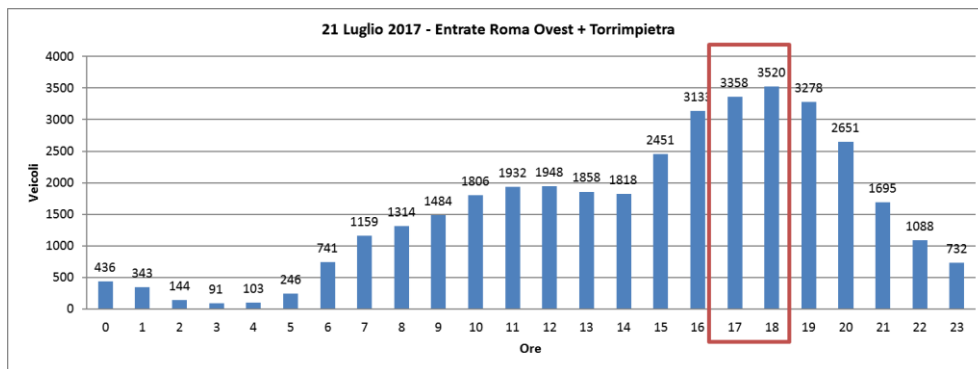
- In corrispondenza dell'asse (più precisamente prima della diversione di Cerveteri), la fascia oraria più critica è analoga a quanto registrato per la rampa, con valori attorno ai 3500 veic/h tra le 16:00 e le 21:00.

Figura 3-8. Flussi orari asse principale prima della diversione di Cerveteri in carreggiata Nord



- I flussi orari appena esplicitati, assieme ai dati disponibili per le barriere di Roma Ovest e Torrioni, evidenziano come la fascia oraria critica per la carreggiata Nord si estenda dalle 16:00 alle 21:00 di venerdì, con picchi di traffico tra le 17:00 e le 19:00.

Figura 3-9. Flussi orari Roma Ovest + Torrioni in entrata



I flussi raccolti da tutte le fonti disponibili sono stati utilizzati per la ricostruzione di una matrice OD oraria significativa per l'ora di punta della carreggiata Nord da poter successivamente essere utilizzata in un modello di micro simulazione.

3.3 VELOCITÀ

3.3.1 Dati Infoblu - Velocità carreggiata Sud

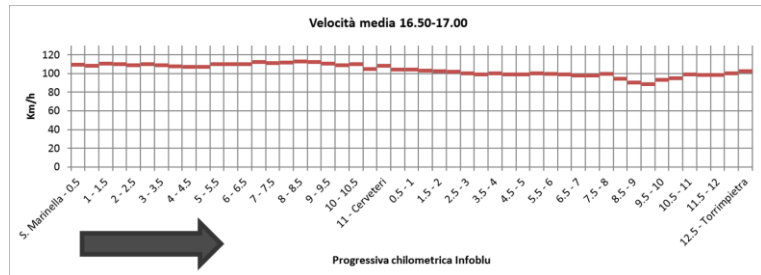
L'analisi delle velocità rilevate domenica 23 Luglio in direzione Sud nella tratta Santa Marinella – Torrioni ha evidenziato:

- rallentamenti tra il km 8.5 e il km 10 (fatto 0+000 la chilometrica a Cerveteri) dalle 17:00 alle 22:00 circa;
- rallentamenti tra Cerveteri e Santa Marinella dalle 17:30 alle 24:00 circa.

Le seguenti immagini consentono di prendere visione dell'evoluzione temporale dei rallentamenti e delle criticità.

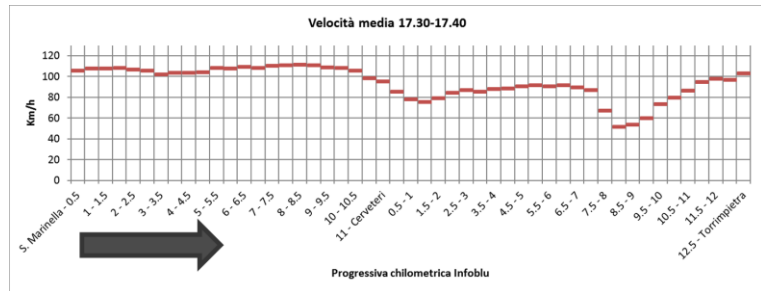
Tra le 16:50 e le 17:10:

- Non vi sono criticità nei pressi di Torrimpietra
- Non vi sono criticità nei pressi di Cerveteri



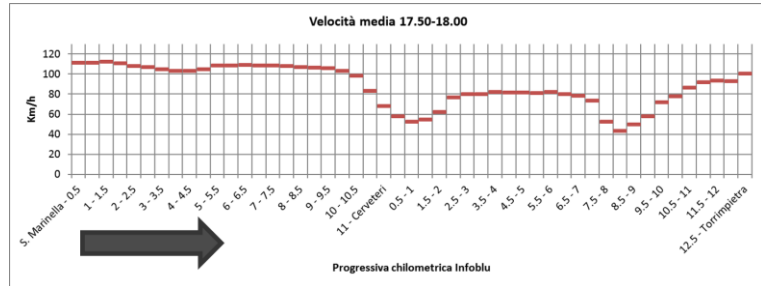
Tra le 17:30 e le 17:40:

- Si evidenzia un rallentamento nei pressi del km 8.
- Si evidenzia un rallentamento nei pressi di Cerveteri.



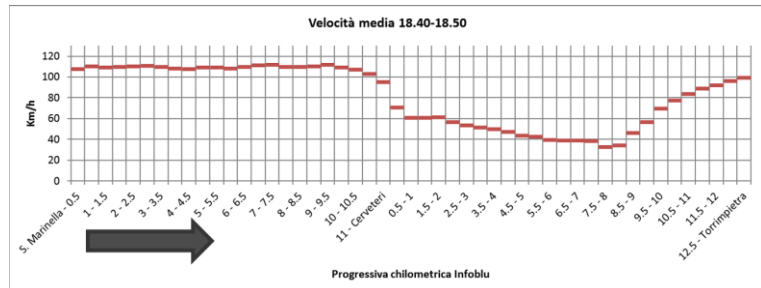
Tra le 17:50 e le 18:00:

- I rallentamenti persistono



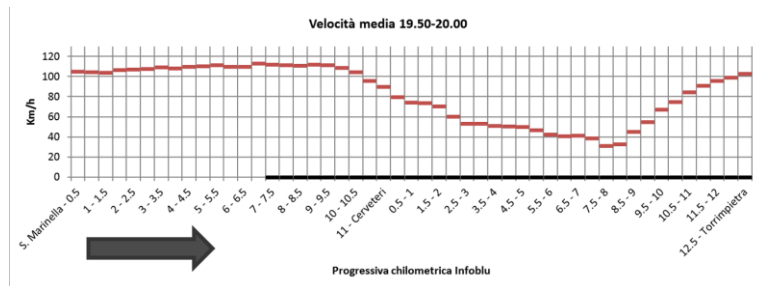
Tra le 18:40 e le 18:50:

- I due rallentamenti si uniscono



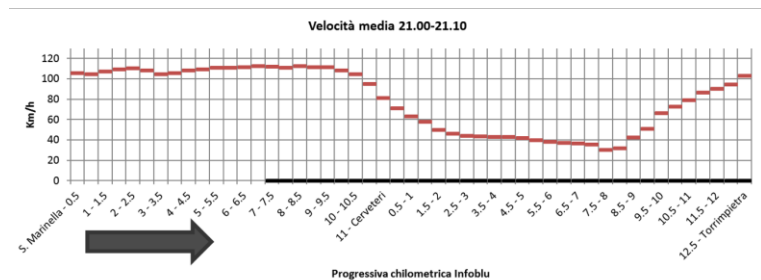
Tra le 19:50 e le 20:00:

- Nella tratta critica aumenta il decremento di velocità



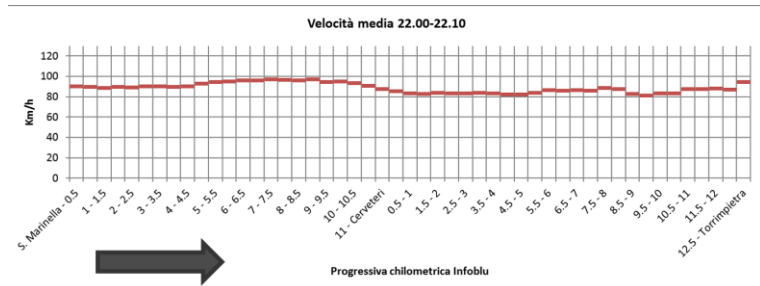
Tra le 21:00 e le 21:10:

- Nella tratta critica aumenta il decremento di velocità



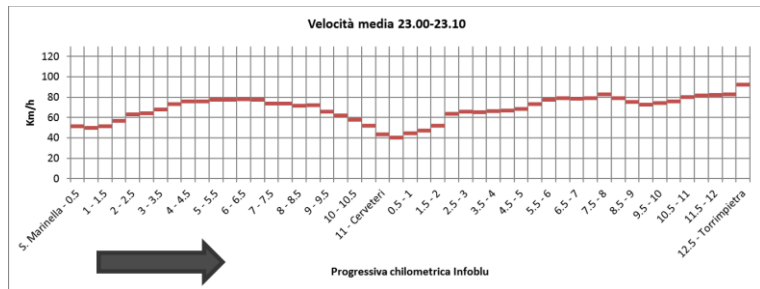
Tra le 22:00 e le 22:10:

- I rallentamenti quasi scompaiono



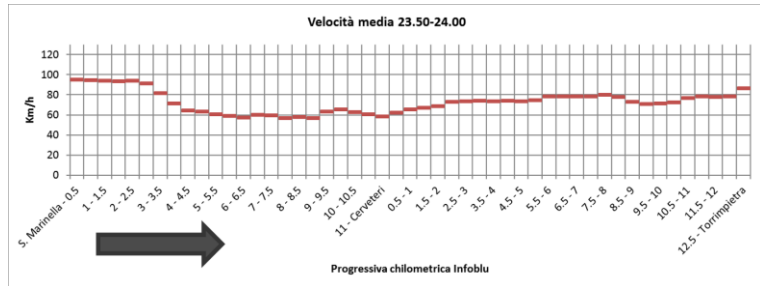
Tra le 23:00 e le 23:10:

- I rallentamenti si evidenziano solo all'altezza dello svincolo di Cerveteri



Tra le 23:50 e le 24:00:

- I rallentamenti si ripresentano interessando sia la tratta Cerveteri – Torrioni che la tratta a monte nelle immediate vicinanze dello svincolo di Cerveteri



3.3.3 Dati Infoblu - Velocità carreggiata Nord

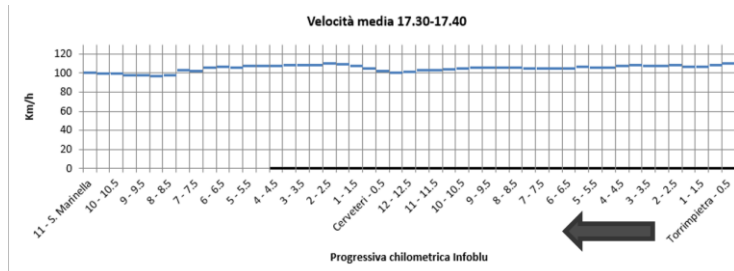
L'analisi delle velocità rilevate venerdì 21 Luglio in direzione Nord nella tratta Torrioni - Santa Marinella ha evidenziato due punti critici:

- Rallentamenti a Cerveteri dalle 17:40 alle 20:00 circa
- Rallentamenti tra Torrioni e Cerveteri dalle 18:30 alle 20:00 circa

Le seguenti immagini consentono di prendere visione dell'evoluzione temporale dei rallentamenti e delle criticità.

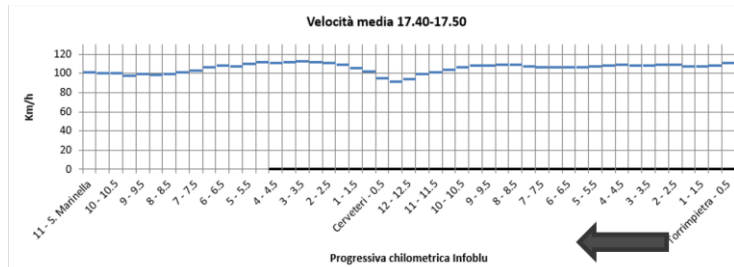
Tra le 17:30 e le 17:40:

- Non vi sono criticità tra Torrioni e Cerveteri
- Non vi sono criticità nei pressi di Cerveteri



Tra le 17:40 e le 17:50:

- Non vi sono criticità tra Torrioni e Cerveteri
- Si crea un rallentamento nei pressi di Cerveteri



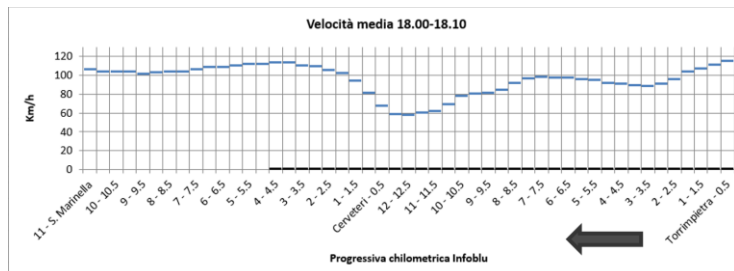
Tra le 17:50 e le 18:00:

- Non vi sono criticità tra Torrioni e Cerveteri
- Peggiora il rallentamento nei pressi di Cerveteri



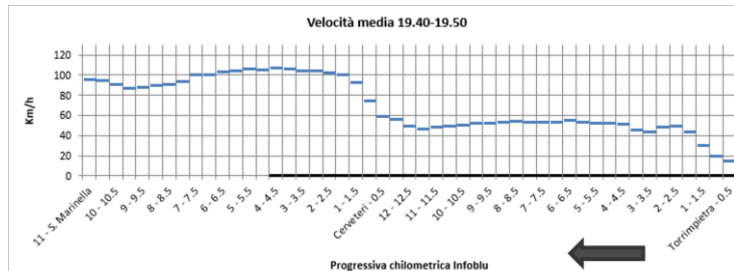
Tra le 18:00 e le 18:10:

- Si inizia a vedere qualche rallentamento tra Torrioni e Cerveteri
- Peggiora il rallentamento nei pressi di Cerveteri



Tra le 19:40 e le 19:50:

- Le criticità si propagano da Cerveteri a ritroso fino a Torrioni



3.3.4 FCD - Velocità rilevate in carreggiata Sud

L'analisi dei dati FCD a disposizione hanno permesso di evidenziare quanto le seguenti immagini esplicitano. A partire dalle 17:30 si notano rallentamenti puntali di tipo stop and go come quelli mostrati nelle figure seguenti. Alle ore 20:50 i rallentamenti sembrano risolversi. I rilievi si concludono alle 21.

Figura 3-10. Tracciamento FCD in carreggiata Sud – partenza 17:10



Figura 3-11. Tracciamento FCD in carreggiata Sud – partenza 17:30

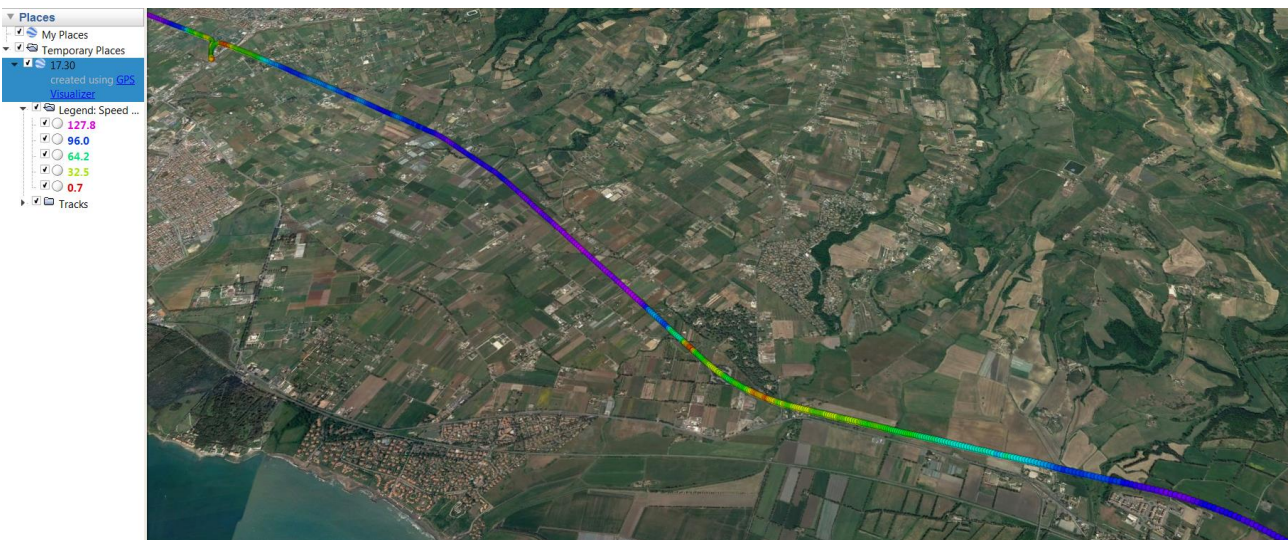


Figura 3-12. Tracciamento FCD in carreggiata Sud – partenza 17:50



Figura 3-13. Tracciamento FCD in carreggiata Sud – partenza 18:40



Figura 3-14. Tracciamento FCD in carreggiata Sud – partenza 20:20



3.3.5 FCD - Velocità rilevate in carreggiata Nord

L'analisi dei dati FCD a disposizione ha permesso di evidenziare quanto le seguenti immagini esplicitano.

A partire dalle 17:30 si nota un significativo rallentamento allo svincolo di Cerveteri. Il rallentamento parte dall'intersezione con la SP4 e si propaga alla carreggiata Nord della A12 mettendo in evidenza la criticità dell'Esterno che non riceve”.

Figura 3-15. Tracciamento FCD in carreggiata Nord – partenza 17:20

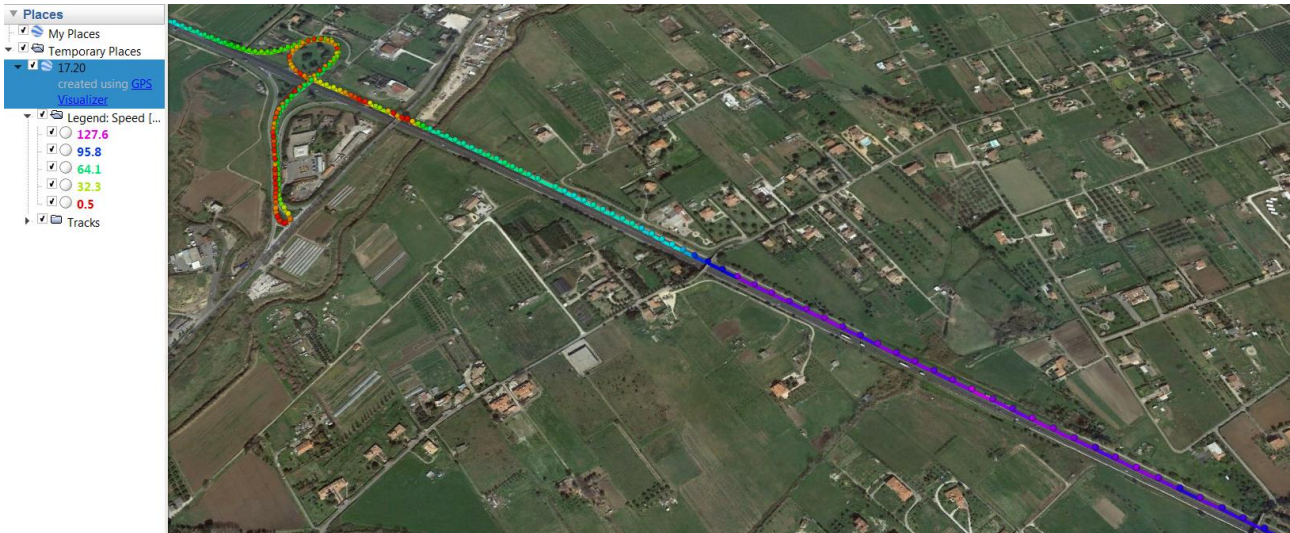


Figura 3-16. Tracciamento FCD in carreggiata Nord – partenza 17:30



Nelle ore successive, fino a circa le 20:30, si notano rallentamenti di tipo stop and go in diversi punti della carreggiata Nord nella tratta compresa tra Cerveteri e Torrimpietra.

Figura 3-17. Tracciamento FCD in carreggiata Nord – partenza 18:40

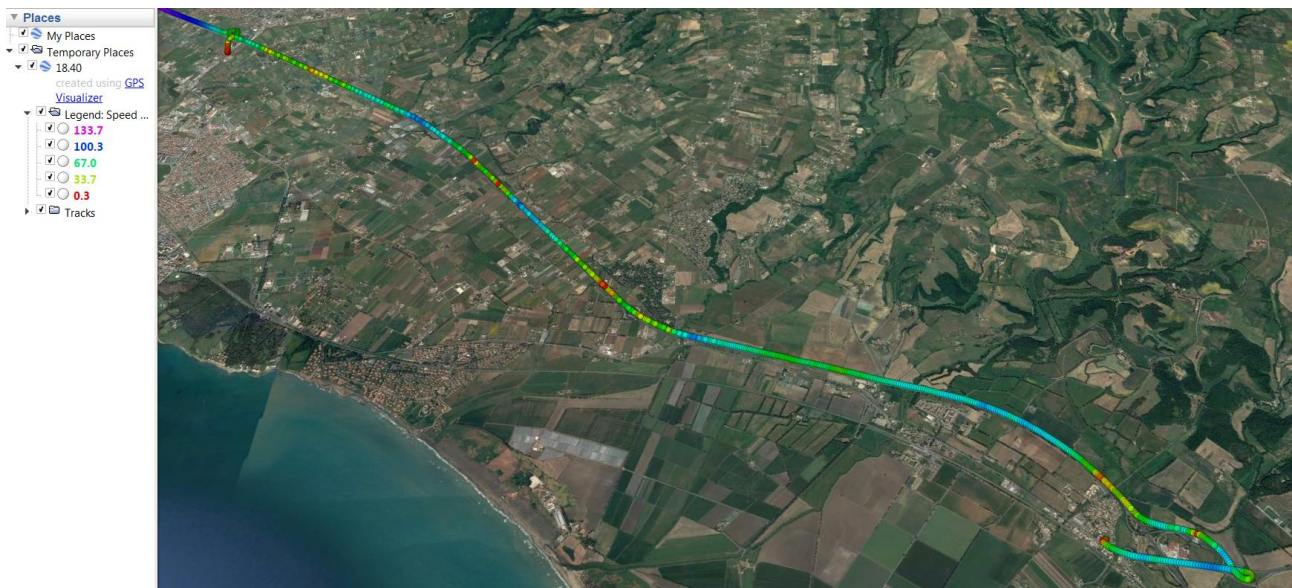


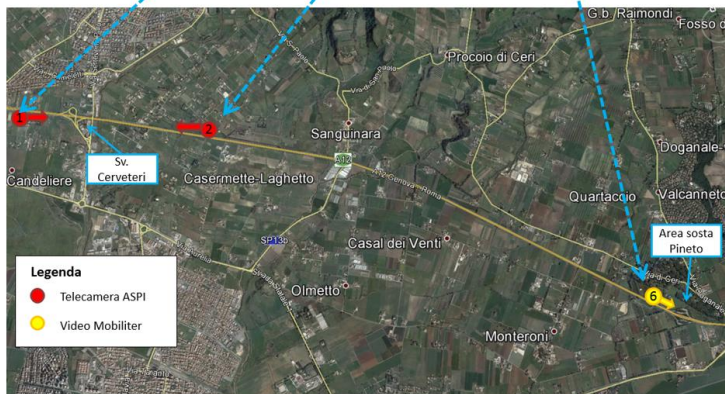
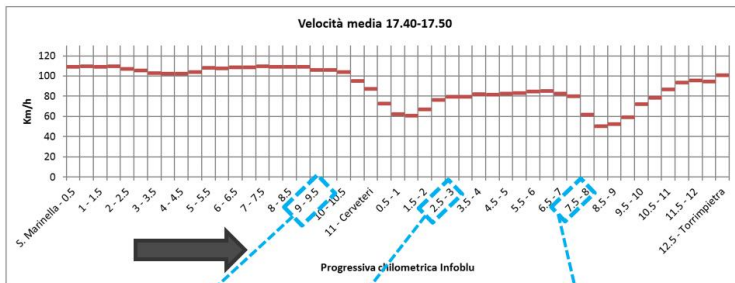
Figura 3-18. Tracciamento FCD in carreggiata Nord – partenza 19:50



3.5 VIDEO

3.5.1 Video carreggiata Sud: svincolo di Cerveteri e area di sosta Pineto

L'analisi delle registrazioni delle telecamere 1, 2 e 6, nei pressi dello svincolo di Cerveteri e del parcheggio Pineto ha evidenziato i seguenti elementi relativamente al giorno di punta (domenica) per la carreggiata Sud.



Telecamera 1 (progressiva km 30, a monte dello svincolo di Cerveteri)

- Il traffico è piuttosto intenso già prima delle 17:00, con veicoli a tratti rallentati.
- Si notano veicoli fermi in coda alle 17:45 e 19:15, ma si tratta di fenomeni di breve durata; le perturbazioni in questa zona sono generate dall'elevato numero di veicoli che si immettono allo svincolo di Cerveteri, ma non sono così gravi da arrivare al km 30 molto frequentemente.

Telecamera 2 (progressiva km 25,6, a valle dello svincolo di Cerveteri)

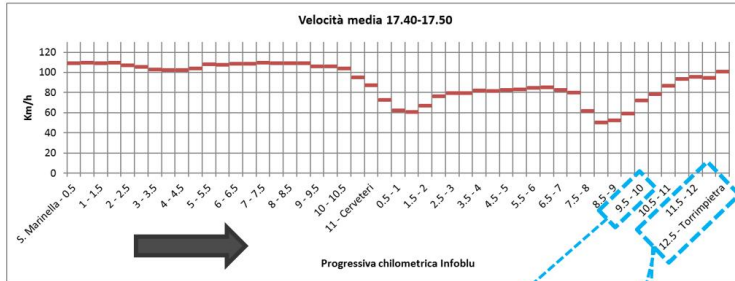
- Il traffico è più intenso rispetto a quanto registrato al km 30 e dalle 17:00 i veicoli procedono a velocità ridotte.
- Si generano code a tratti, con stop&go, tra le 18.30 e le 21:00; si tratta di fenomeni transitori della durata di pochi minuti.
- La situazione migliora dalle 21:20

Telecamera 6 (progressiva km 20,9 con inquadratura verso l'area di sosta Pineto)

- A partire dalle 17.15 si notano i primi rallentamenti.
- Tra le 17:40 e le 21:00 sono frequenti brevi fenomeni di coda, con veicoli fermi, che si alternano a momenti di traffico scorrevole, a velocità ridotte.

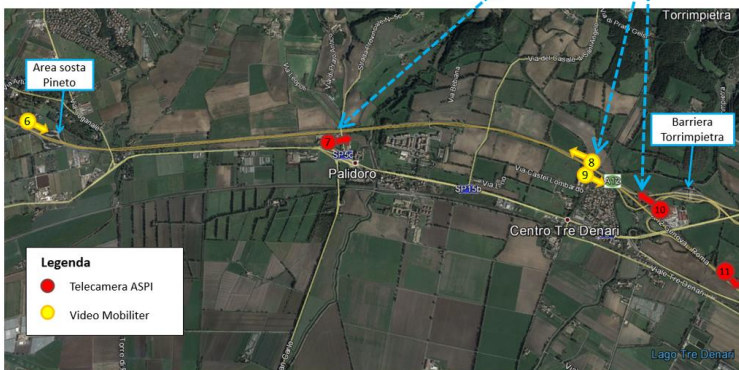
3.5.3 Video carreggiata Sud: svincolo di Torrimpietra

L'analisi delle registrazioni delle telecamere 7, 10, 11 nei pressi dello svincolo di Torrimpietra e del parcheggio Pineto ha evidenziato i seguenti elementi relativamente al giorno di punta (domenica) per la carreggiata Sud.



Telecamera 7 (progressiva km 17.9, a valle del parcheggio Pineto)

- A partire dalle 17:00 il traffico è intenso e procede a tratti con velocità ridotte, ma non si notano code e veicoli fermi come in corrispondenza del parcheggio Pineto.
- Il rallentamento registrato in prossimità di Torrimpietra si manifesta nella zona tra la telecamera 6 e la telecamera 7: in quest'area è probabile che il disturbo sia dovuto ai numerosi intrecci e cambi di corsia effettuati dai guidatori che si avvicinano all'uscita di Torrimpietra. Tali manovre, unite ai flussi elevati nelle ore di punta, possono provocare rallentamenti che si propagano a monte fino a generare fenomeni di stop&go; avvicinandosi all'uscita di Torrimpietra, i veicoli si trovano, in buona parte, già nella corsia corretta e il disturbo dovuto ai cambi di corsia risulta più ridotto.



Telecamere 8 e 9 (progressiva km 15.9, prima dello svincolo di Torrimpietra)

- Il traffico risulta a tratti rallentato nelle ore di punta, principalmente per l'elevata densità di veicoli e per l'avvicinarsi all'uscita dello svincolo di Torrimpietra.
- Non si notano code nell'arco di tempo coperto dalle riprese video.

Telecamere 10 e 11 (progressive km 15.9 e 13.2)

- Il traffico è intenso a partire dalle 17:00, ma in entrambi i casi non si notano criticità particolari nel periodo considerato.
- A valle dello svincolo i veicoli cominciano a rallentare trovandosi a circa 1000m dalla barriera di Roma Ovest; non è possibile rilevare eventuali code in corrispondenza delle barriere.

3.5.5 Video carreggiata Nord: svincolo di Cerveteri

L'analisi delle registrazioni delle telecamere poste nei pressi dello svincolo di Cerveteri ha evidenziato i seguenti elementi relativamente al periodo di punta (venerdì) per la carreggiata Nord.

Telecamera 1 (progressiva km 30, a valle dello svincolo di Cerveteri)

- Non si notano criticità particolari, il traffico è a tratti intenso, ma sempre scorrevole nel periodo considerato.

Telecamere 4 e 5 (poste in prossimità dell'intersezione con la SP4)

- La telecamera 4, sulla SP4, mostra rallentamenti e code più o meno gravi in direzione Sud (verso la SS1 Aurelia) a partire dalle 17:00 fino alle 20:30. Questi fenomeni sono dovuti presumibilmente agli elevati volumi di traffico presenti sulla SS1 e ai vincoli di capacità della rotatoria tra SS1 e SP4.
- La telecamera 5 mostra code sulle rampe di uscita da Cerveteri a partire dalle 17:00. Tali fenomeni si estendono fino allo scavalco della rampa di uscita della carreggiata Nord a partire dalle 17:15 e la situazione rimane più o meno critica fino a risolversi definitivamente alle 20:30

Telecamera 3 (progressiva km 28, in corrispondenza dello svincolo di Cerveteri)

- Dalle 17:30 si osservano code sulla corsia di diversione in uscita, che proseguono, più o meno gravi, fino alle 18:50.
- In seguito il traffico rimane intenso e rallentato, anche per i veicoli sulle due corsie di scorrimento.

Telecamera 2 (progressiva km 25,6, a monte dello svincolo di Cerveteri)

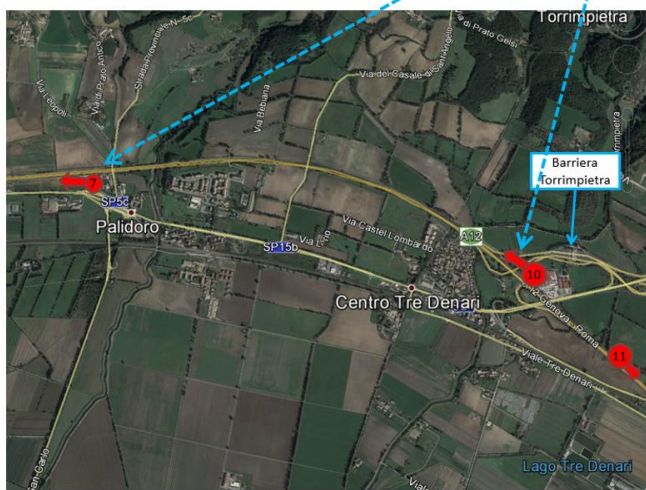
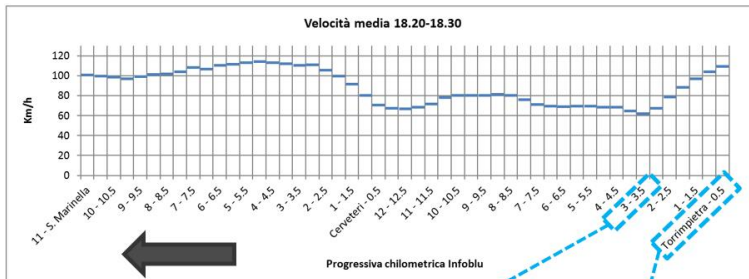
- Il traffico è particolarmente intenso già dalle 16:00 e si osservano le prime code, con fenomeni di stop&go, a partire dalle 17:40.
- Fino alle 19:50 la situazione rimane critica, con code a tratti o traffico molto rallentato.

Figura 3-19. Localizzazione telecamere e verso di ripresa



3.5.7 Video carreggiata Nord: svincolo di Torrimpietra

L'analisi delle registrazioni delle telecamere poste nei pressi dello svincolo di Torrimpietra ha evidenziato i seguenti elementi relativamente al periodo di punta (venerdì) per la carreggiata Nord.



Telecamera 7 (progressiva km 17,9, a valle dello svincolo di Torrimpietra)

- Il traffico è intenso, ma non si hanno particolari criticità fino alle 18:00.
- Tra le 18:00 e le 20:00 si hanno frequenti code a tratti, con stop&go, mentre la situazione migliora a partire dalle 20:30

Telecamera 10 (progressiva km 15, in corrispondenza dello svincolo di Torrimpietra)

- Dalle 17:00 traffico intenso e si notano rallentamenti dovuti agli elevati volumi di traffico in immissione a Torrimpietra.
- Si osservano code a tratti tra le 18:30 e le 20:30, analogamente a quanto registrato a valle (telecamera 7).

Telecamera 11 (progressiva km 13,2, a monte dello svincolo di Torrimpietra)

- Non si notano particolari criticità fino alle 19:00, dopodiché, per il propagarsi dei rallentamenti nei pressi di Torrimpietra, si osservano anche in questo tratto code e stop&go tra le 19:30 e le 20:30.

3.6 CONCLUSIONI

L'analisi incrociata di tutti i dati raccolti ha consentito di individuare una serie di criticità e di definirne le cause e le possibili soluzioni.

Per la carreggiata Sud le conclusioni cui si è giunti possono essere così sintetizzate:

1. Code e rallentamenti sono presenti nelle giornate di rientro dei romani dal litorale tirrenico; questo fenomeno si concentra principalmente la domenica dei week end primaverili ed estivi oltre che nella giornata conclusiva di occasionali ponti festivi.
2. Nelle giornate critiche i flussi più elevati, cui conseguono code e rallentamenti, si verificano nel tardo pomeriggio e durante la sera: generalmente si osservano i primi rallentamenti dalle ore 16 del pomeriggio, il fenomeno si amplifica poi tra le 17 e le 19 raggiungendo il picco tra le 21 e le 23.
3. I primi rallentamenti si presentano all'altezza del km 8+500 (caposaldo km 0+000 = svincolo di Cerveteri) che si localizza a valle dell'area di sosta Il Pineto protraendosi poi progressivamente a monte verso lo svincolo di Cerveteri.
4. L'elevato flusso proveniente da Santa Marinella insieme all'altrettanto elevato flusso in ingresso allo svincolo di Cerveteri verso Roma, comportano perturbazioni e rallentamenti in asse a cavallo dello svincolo di Cerveteri.
5. Nelle fasce orarie più critiche gli accodamenti originati nell'intorno del km 8+500 si uniscono a quelli presenti all'altezza dello svincolo di Cerveteri provocando una drastica diminuzione delle velocità di percorrenza.
6. Rallentamenti, code e diffusi fenomeni di stop&go sono riconducibili all'elevato flusso veicolare e agli intrecci che si vengono ad avere tra i veicoli diretti alla barriera di Roma Ovest – 55% - (che restano sull'asse autostradale) e quelli diretti verso lo svincolo di Torrimpietra – 45%.
7. La realizzazione di una corsia aggiuntiva nella tratta Cerveteri – Torrimpietra dovrebbe consentire di aumentare la capacità effettiva della tratta e di eliminare il problema dell'immissione dallo svincolo di Cerveteri

Per la carreggiata Nord le conclusioni cui si è giunti possono essere così sintetizzate:

1. Code e rallentamenti sono presenti nelle giornate di esodo dei romani verso il litorale tirrenico; questo fenomeno si concentra principalmente il venerdì dei week end primaverili ed estivi oltre che nella giornata iniziale di occasionali ponti festivi.
2. Nelle giornate critiche i flussi più elevati, cui conseguono code e rallentamenti, si verificano nel tardo pomeriggio: generalmente si osservano i primi rallentamenti dalle ore 16 del pomeriggio mentre il picco si raggiunge tra le 17 e le 19.
3. La fascia oraria di estensione delle criticità in carreggiata Nord è più ridotta che nella Sud.
4. I primi rallentamenti in asse si presentano all'altezza della diversione dello svincolo di Cerveteri.
5. I rallentamenti e gli accodamenti sono dovuti all'elevato flusso in uscita a Cerveteri ma soprattutto all'esterno che non riceve. Infatti l'intersezione canalizzata tra la SP4a e le rampe di adduzione alla A12 non è particolarmente efficiente per la manovra diretta verso il litorale.

Figura 3-20. Intersezione A12 – SP4a



6. La realizzazione di una rotondina al posto dell'intersezione canalizzata dovrebbe eliminare gli accodamenti in prossimità della diversione di Cerveteri in carreggiata Nord. Nella soluzione progettuale testata, la rotondina è potenziata con due shunt per le manovre A12 -> "SP4a direzione Sud" e "SP4a Nord-Est" -> A12.

4 MICROMODELLO

4.1 SIMULAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE VEICOLARE

Al fine di analizzare la funzionalità del sistema autostradale si è implementato un modello di micro simulazione dinamica della circolazione veicolare.

I modelli di simulazione della circolazione veicolare (detti modelli micro) sono in grado di rappresentare in maniera puntuale, precisa e specifica il traffico e la sua evoluzione istantanea, prendendo in considerazione gli aspetti geometrici di dettaglio dell'infrastruttura e il comportamento reale del conducente, legato all'accoppiamento delle caratteristiche del veicolo e del guidatore.

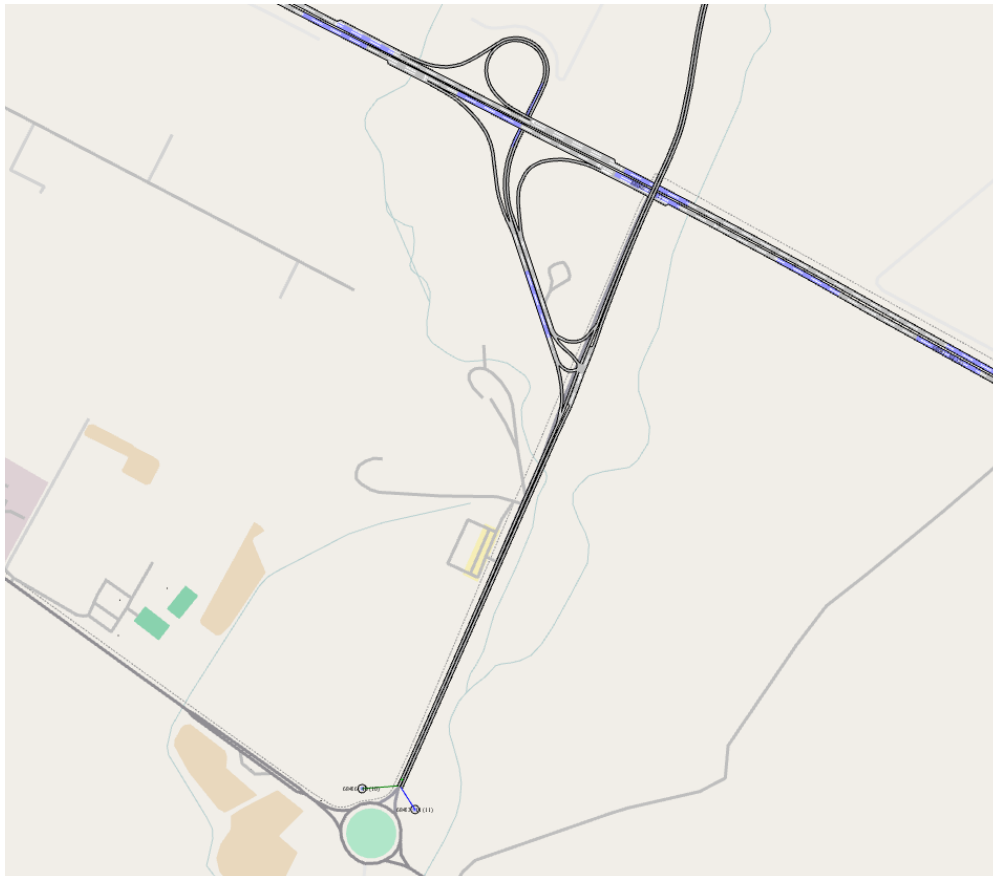
Essi sono in grado di analizzare ed elaborare istante per istante il movimento di ogni singolo veicolo presente sulla rete, sulla base di leggi legate al moto del veicolo e al comportamento del conducente (che segue le regole dettate, ad esempio, da: teoria dell'inseguitore – Car Following; teoria del cambio corsia – Lane Change; teoria dell'intervallo minimo – Gap Acceptance).

Consentono inoltre di determinare per ogni mezzo alcune grandezze quali posizione, velocità ed accelerazione. Per ogni veicolo l'aggiornamento di tali parametri viene ottenuto considerando la sua velocità ed accelerazione e tenendo presente la situazione del traffico che lo circonda. Infatti in questi modelli si considera che la posizione del veicolo al tempo $t+\Delta t$ dipende dalla posizione e dalla velocità tenuta dal guidatore al tempo t . Quest'ultima grandezza, invece, viene definita da ulteriori fattori che dipendono dal veicolo considerato e dal quello che lo precede; fattori significativi sono perciò la distanza, la velocità relativa, il tempo di reazione del guidatore in relazione al gap dal veicolo che lo precede e alla velocità di quest'ultimo e infine la presenza di altri veicoli nelle corsie adiacenti.

Tutti questi elementi fanno sì che il modello si avvicini significativamente alla realtà.

Il micromodello utilizzato è stato implementato nel software AIMSUN prodotto dalla società spagnola Aimsun.

Figura 4-1. Esempio rete micro simulata





4.2 MODELLO E SCENARI CONSIDERATI

Il micro modello implementato rappresenta il sistema autostradale A12 da Santa Marinella a Roma Ovest comprendendo gli svincoli di Cerveteri e Torrimpietra. Nel caso di Cerveteri la rete è stata estesa fino a rappresentare la SP4a.

In considerazione del fatto che le giornate e le ore di punta delle due carreggiate non coincidono (venerdì vs domenica) è stato necessario sviluppare due modelli distinti, uno per la carreggiata Nord e uno per la carreggiata Sud, inserendo diverse matrici di domanda.

Lo scenario attuale ha riguardato l'offerta attuale e la domanda attuale dell'ora di punta del venerdì 21 luglio 2017 (per la carreggiata Nord) e di domenica 23 luglio 2017 (per la carreggiata Sud).

Lo scenario progettuale ha riguardato l'offerta progettuale (pari a quella attuale potenziata dagli interventi in progetto) e la domanda attuale dell'ora di punta del venerdì 21 luglio 2017 (per la carreggiata Nord) e di domenica 23 luglio 2017 (per la carreggiata Sud).

Oltre agli scenari relativi al 2017 (scenario base e progettuale), sono stati testati scenari programmatici e progettuali relativi agli orizzonti temporali 2022 (breve termine) e 2032 (lungo termine), con le seguenti caratteristiche:

- negli scenari programmatici futuri (2022 e 2032) la rete non è stata modificata rispetto a quella attuale, mentre la domanda è stata incrementata secondo le percentuali di crescita stimate tramite appositi modelli econometrici;
- negli scenari progettuali futuri (2022 e 2032) la rete è stata modificata con l'introduzione degli interventi di progetto e la domanda è stata incrementata come per gli scenari programmatici futuri.

La tabella seguente sintetizza le crescite della domanda applicate alle matrici delle ore di punta degli scenari 2022 e 2032 (sia programmatici che progettuali).

Tabella 4-1. Crescita della domanda

Anno	Crescita domanda veicoli leggeri	Crescita domanda veicoli pesanti
2022	9.0%	9.3%
2032	20.5%	23.1%

Tali valori sono stati ripresi dall'analisi costi-benefici, in cui le crescite sono state stimate in riferimento al traffico giornaliero medio annuo (TGMA) delle barriere di Roma Ovest e Torrimpietra.

È possibile ipotizzare che il tasso di crescita del traffico al 2022 e 2032 non sia costante in tutti i giorni e le ore dell'anno: in particolare, rispetto ai valori medi annuali, si potranno registrare crescite inferiori nelle ore più trafficate dell'anno. Tuttavia si è scelto di non ridurre i tassi di crescita per le ore di punta, in modo da testare le reti future in condizioni maggiormente critiche.

La tabella seguente sintetizza le principali caratteristiche degli scenari testati, per ognuno dei quali è stato sviluppato un modello relativo alla carreggiata Nord e uno relativo alla carreggiata Sud.

Tabella 4-2. Scenari di microsimulazione

Scenario	Crescita domanda veicoli leggeri	Crescita domanda veicoli pesanti	Rete
Base 2017			Attuale
Progettuale 2017			Progettuale
Programmatico 2022	9.0%	9.3%	Attuale
Progettuale 2022	9.0%	9.3%	Progettuale
Programmatico 2032	20.5%	23.1%	Attuale
Progettuale 2032	20.5%	23.1%	Progettuale

4.3 VALIDAZIONE

Le attività di validazione sono state eseguite separatamente sul modello del giorno di picco della carreggiata Sud e su quello del giorno di picco della carreggiata Nord. La validazione è stata realizzata in termini di:

- Velocità di percorrenza, confrontando le velocità medie fornite dal modello con i dati Infoblu e i dati disponibili da FCD;
- Tempi di percorrenza, confrontando i tempi medi forniti dal modello con i dati disponibili da FCD.

Per la carreggiata Sud, dall'analisi dei flussi è emersa come ora più critica quella tra le 22:00 e le 23:00 di domenica 23 luglio. Tuttavia, non avendo a disposizione per questa fascia oraria i dati FCD, è stato scelto di validare il modello sull'ora 17:00-18:00, quando si ha il massimo flusso di immissione a Cerveteri. Effettuata la validazione, il modello è stato utilizzato per simulare l'orario più critico in carreggiata Sud, inserendo le matrici di domanda relative all'ora 22:00-23:00.

Per la carreggiata Nord, è stata scelta come ora di validazione e ora di punta della simulazione l'intervallo tra le 17:00 e le 18:00 di venerdì 21 luglio. In quest'ora infatti si è registrato il flusso massimo sulla mainline nei pressi di Cerveteri ed è risultato essere il periodo più critico per l'intersezione sulla SP4a, come emerso dall'analisi dei file FCD.

4.3.1 Scenario attuale carreggiata Sud: validazione velocità

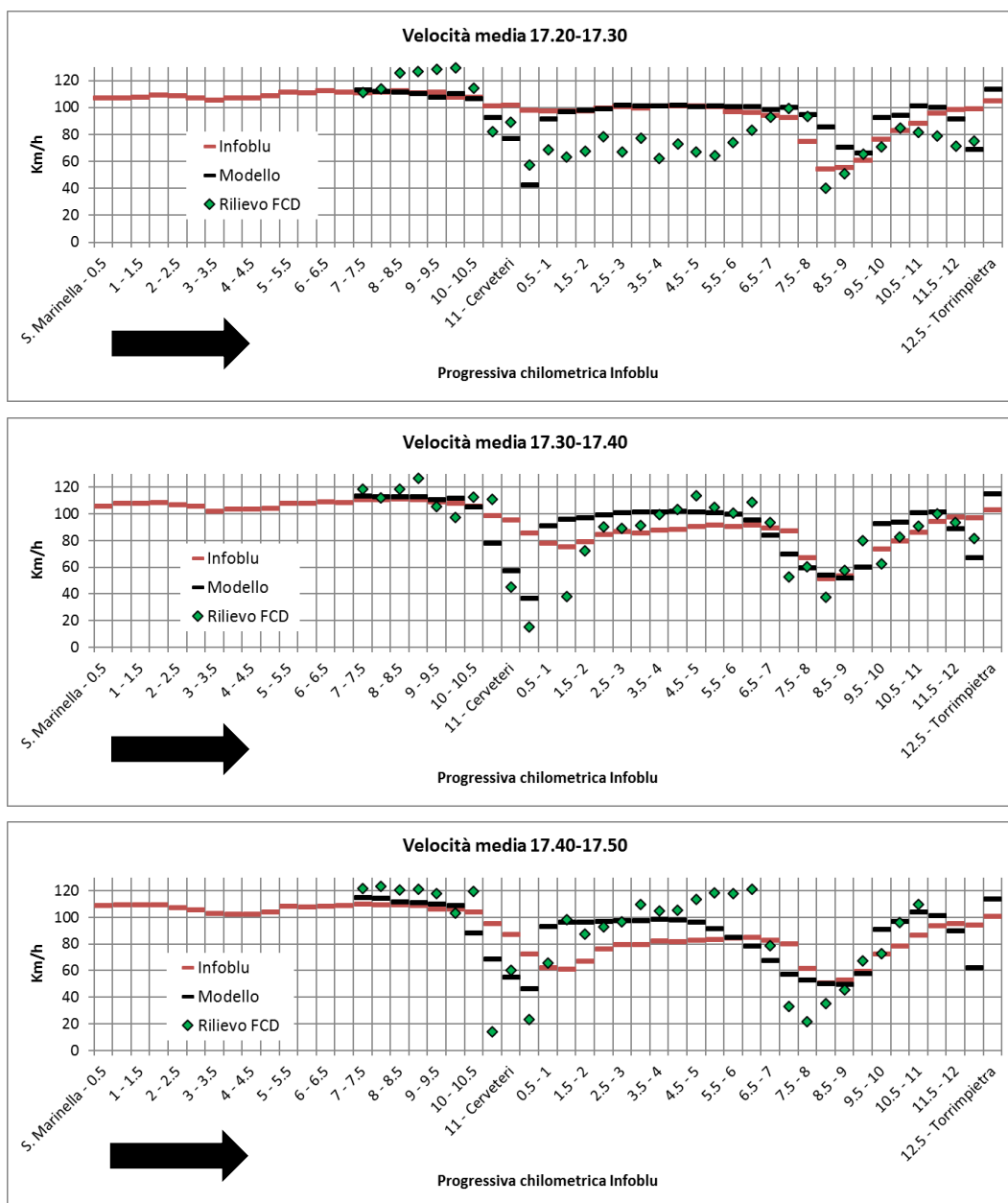
La validazione delle velocità del modello relativo alla carreggiata Sud è stata realizzata per l'ora 17:00-18:00. L'analisi è stata svolta per intervalli di 10 minuti, confrontando le velocità medie fornite dal modello con:

- Le velocità Infoblu;
- Le velocità fornite da FCD.

Come già evidenziato, i dati registrati con FCD, che mostrano l'andamento delle velocità di un singolo veicolo, presentano una maggiore variabilità rispetto ai dati Infoblu, che invece sono frutto di una serie di interpolazioni ed analisi di dati aggregati.

Il modello replica con buona approssimazione i fenomeni di rallentamento registrati a Cerveteri e nei pressi di Torrimpietra. In questa zona si registra un netto calo delle velocità a partire dalle 17:20-17:30 in corrispondenza della progressiva Infoblu 8 - 8.5, con velocità medie al di sotto dei 60 km/h e ancora inferiori se consideriamo i dati FCD.

Figura 4-2. Diagrammi di validazione carreggiata Sud fascia 17:00-18:00



4.3.2 Scenario attuale carreggiata Sud: validazione tempi di percorrenza

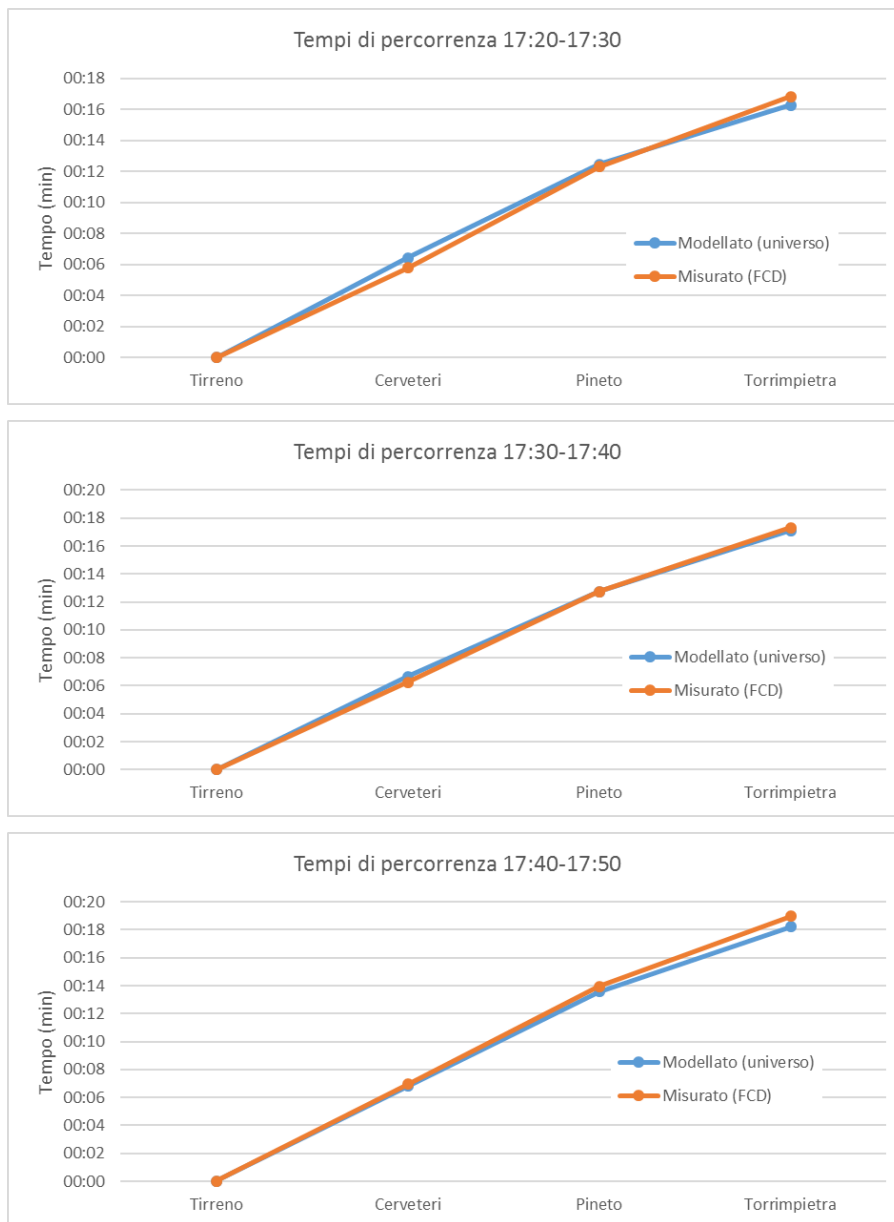
La validazione dei tempi di percorrenza è stata realizzata per l'ora 17:00-18:00. L'analisi è stata svolta per intervalli di 10 minuti, confrontando i tempi medi di percorrenza forniti dal modello con i tempi rilevati da FCD.

La tratta percorsa è stata suddivisa in 3 sotto percorsi, in modo da confrontare l'andamento sia sul totale, sia su punti intermedi:

1. Da area di servizio Tirreno a diversione per Cerveteri;
2. Da immissione a Cerveteri a area di sosta Pineto;
3. Da area di sosta Pineto a diversione per Torriformpia.

Anche per quanto riguarda i tempi di percorrenza, il modello replica con buona approssimazione quanto osservato nella realtà.

Figura 4-3. Diagrammi di validazione carreggiata Sud fascia 17:00-18:00



4.3.3 Scenario attuale carreggiata Sud: velocità nell'ora di punta

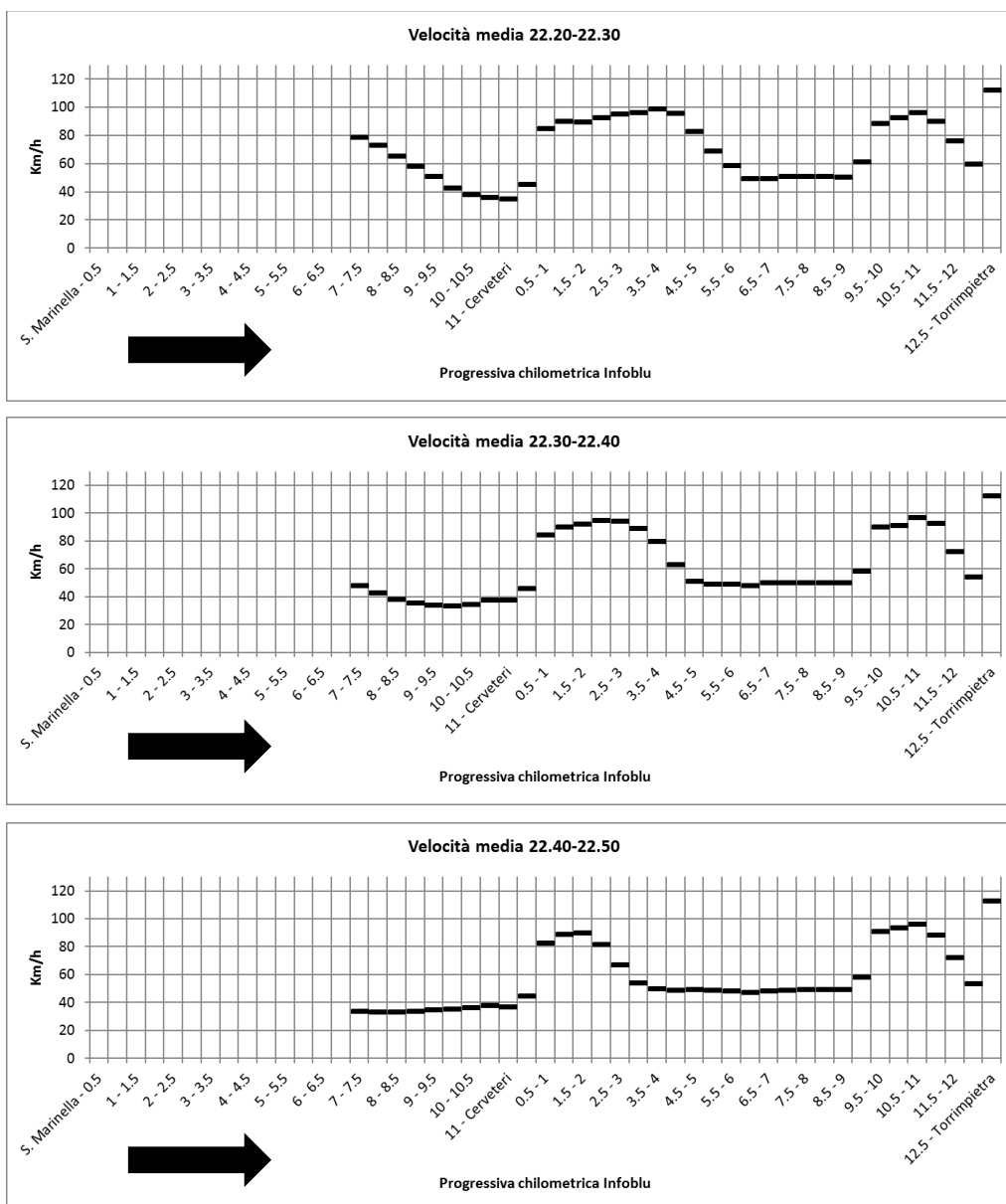
Una volta validato il modello in base ai dati di velocità disponibili tra le 17:00 e le 18:00, è stato simulato l'andamento delle velocità durante l'ora di picco identificata dall'analisi dei flussi, ovvero tra le 22:00 e le 23:00.

In quest'ora il sistema è interessato da flussi più alti rispetto a quelli utilizzati nella validazione; si nota infatti un peggioramento complessivo delle velocità di percorrenza.

I rallentamenti in prossimità di Cerveteri e a valle del parcheggio Pineto si aggravano propagandosi a monte e per lunghi tratti si hanno velocità medie molto ridotte.

Anche in prossimità dello svincolo di Torrimpietra i valori di velocità si abbassano rispetto a quanto simulato tra le 17:00 e le 18:00.

Figura 4-4. Velocità carreggiata Sud ora di punta 22:00 – 23:00



4.3.4 Scenario attuale carreggiata Nord: validazione velocità nell'ora di punta

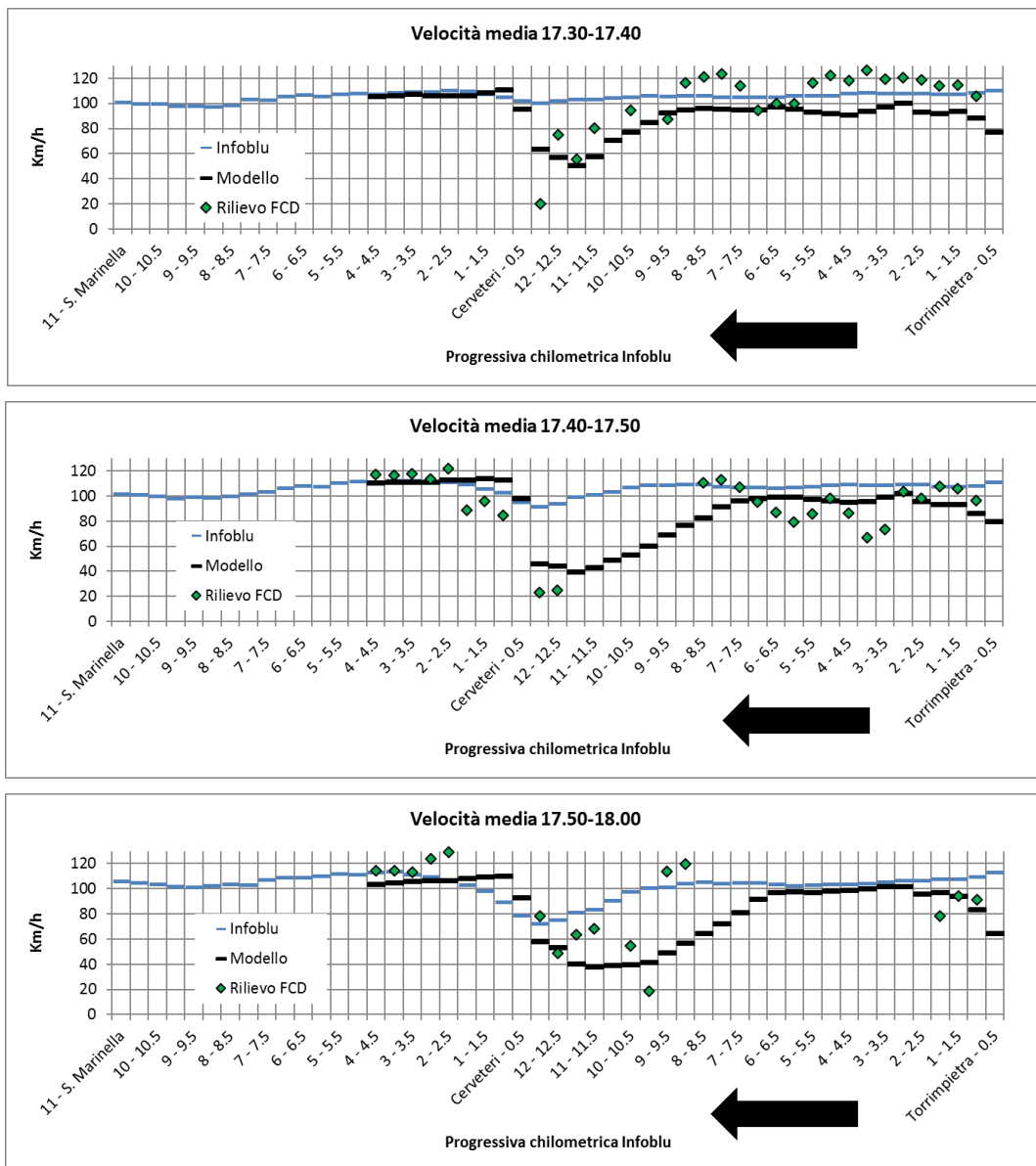
La validazione delle velocità del modello relativo alla carreggiata Nord è stata realizzata per l'ora 17:00-18:00, ovvero l'ora di punta risultante dall'analisi dei flussi. L'analisi è stata svolta per intervalli di 10 minuti, confrontando le velocità medie fornite dal modello con:

- Le velocità Infoblu;
- Le velocità fornite da FCD.

Anche in questo caso si nota la variabilità delle velocità registrate tramite FCD, che rispecchiano le reali condizioni di deflusso della rete, con code a tratti e frequenti stop&go che si alternano a tratti di maggiore scorrimento.

Il modello replica con buona approssimazione i fenomeni di rallentamento registrati a Cerveteri, che si propagano a monte in conseguenza delle code che si generano sulla rampa di uscita.

Figura 4-5. Diagrammi di validazione carreggiata Nord ora di punta 17:00-18:00



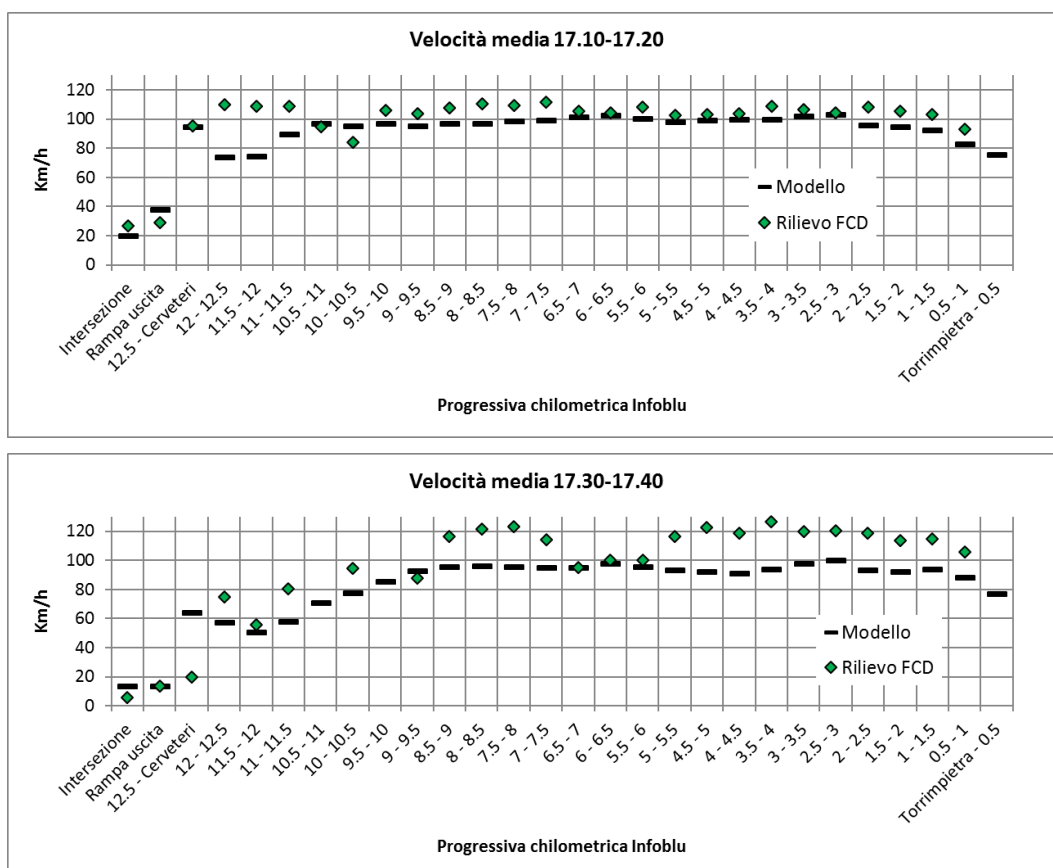
Essendo la diversione di Cerveteri l'elemento critico della carreggiata Nord è stato effettuato un focus validativo su questa tratta.

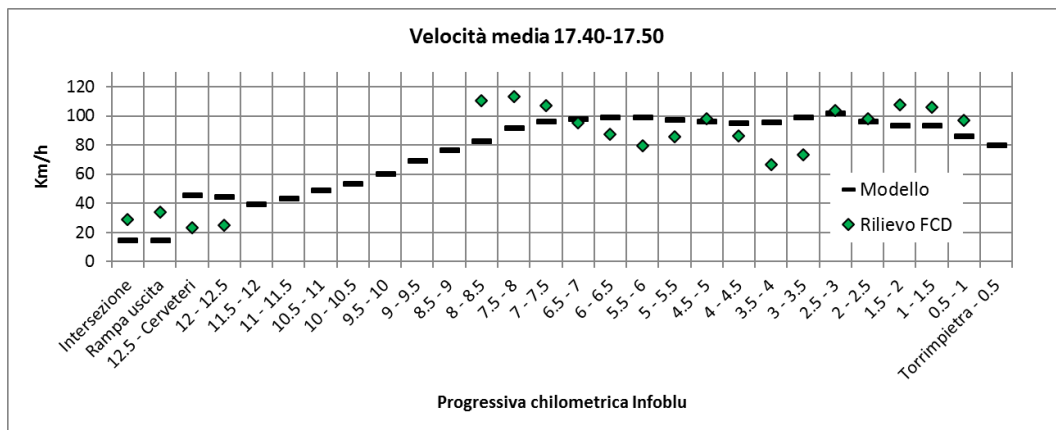
I grafici seguenti mostrano il confronto tra le velocità del modello e quelle rilevate da FCD, includendo le velocità in corrispondenza della rampa di uscita da Cerveteri e in prossimità dell'intersezione con la SP4a (primi due data point sulla sinistra dei grafici).

Anche in questo caso i valori di velocità si avvicinano a quelli reali, e non superano i 40 km/h nell'intervallo di tempo considerato.



Figura 4-6. Diagrammi di validazione carreggiata Nord ora di punta 17:00-18:00





4.3.5 Scenario attuale carreggiata Nord: validazione tempi di percorrenza nell'ora di punta

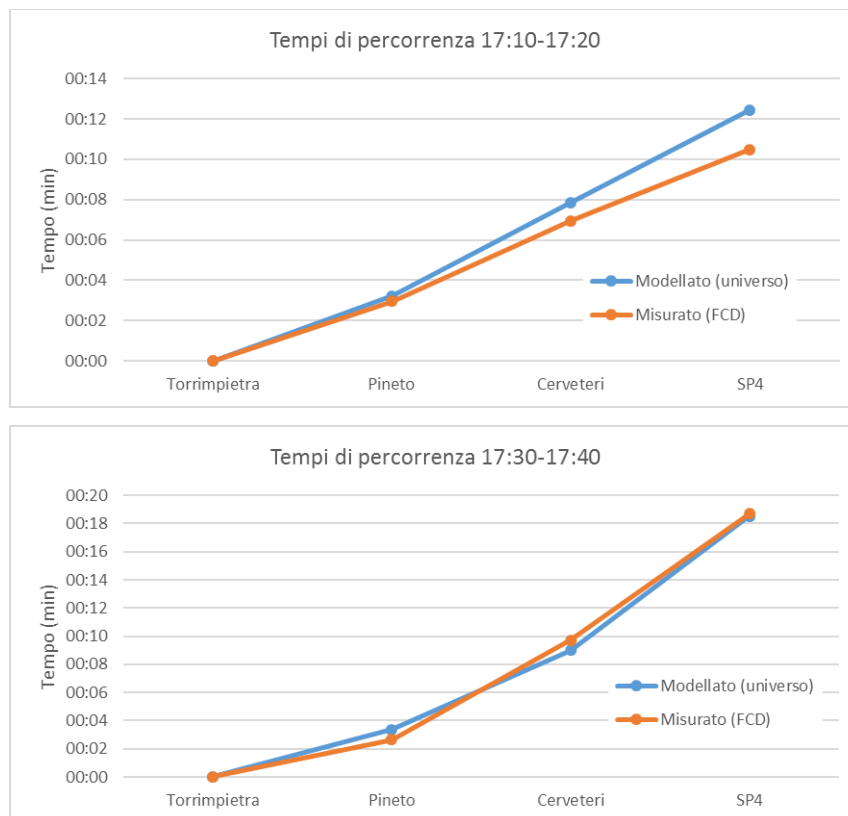
La validazione dei tempi di percorrenza per la carreggiata Nord è stata realizzata per l'ora 17:00-18:00. L'analisi è stata svolta per intervalli di 10 minuti, confrontando i tempi medi di percorrenza forniti dal modello con i tempi rilevati da FCD.

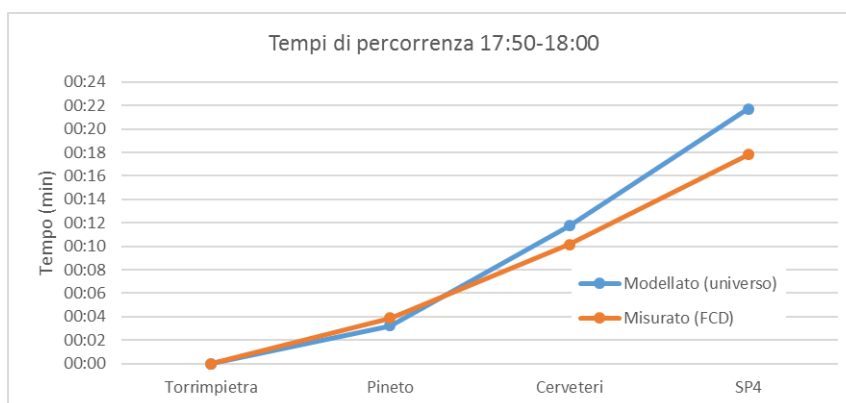
La tratta percorsa è stata suddivisa in 3 sotto percorsi, in modo da confrontare l'andamento sia sul totale, sia su punti intermedi:

- Dall'immissione di Torrimpietra all'area di sosta Pineto;
- Dall'area di sosta Pineto alla diversione per Cerveteri;
- Dalla diversione per Cerveteri all'intersezione sulla SP4.

I tempi di percorrenza forniti dal modello forniscono una buona approssimazione di quelli registrati tramite FCD, pur sovrastimando leggermente il tempo di percorrenza dell'ultimo percorso definito nella simulazione.

Figura 4-7. Diagrammi di validazione carreggiata Nord ora di punta 17:00-18:00





5 SCENARIO PROGETTUALE 2017

5.1 PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di una corsia aggiuntiva in carreggiata Sud da Cerveteri a Torrimpietra e l'imposizione di un limite di velocità pari a 110 km/h.

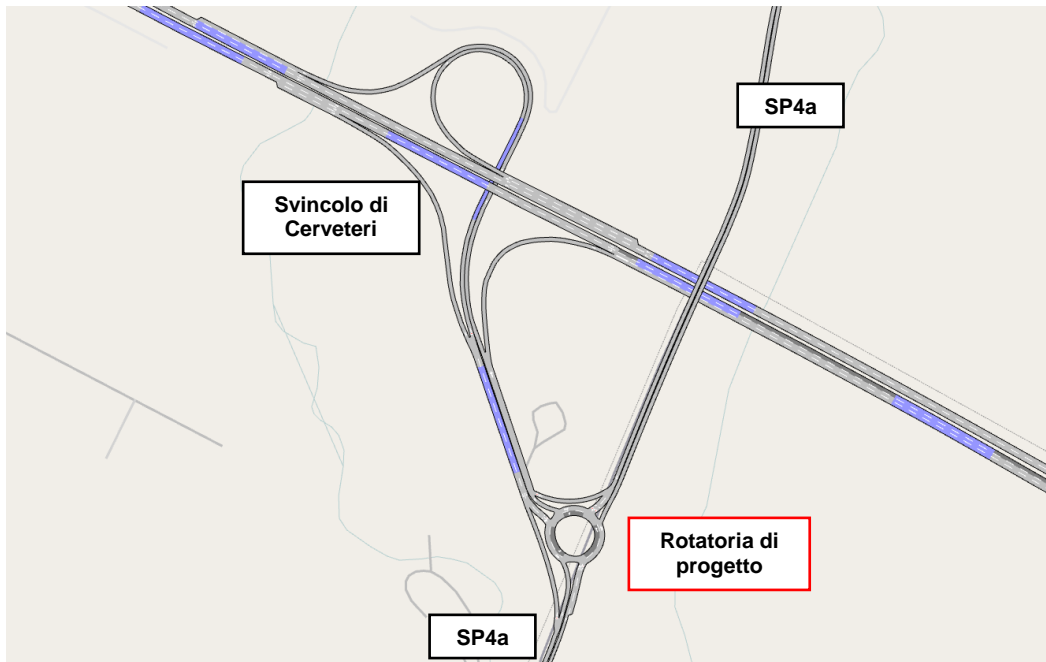
In carreggiata Sud è stata prevista la chiusura dell'area di sosta Il Pineto che verrà utilizzata dall'esercizio autostradale.

Sulla viabilità ordinaria, allo svincolo di Cerveteri, è prevista la realizzazione di una rotatoria all'intersezione tra le rampe di adduzione al sistema autostradale e la SP4a. La rotatoria è potenziata con due shunt: il primo destinato ai veicoli provenienti dalla A12 e diretti sulla SP4a in direzione Sud; il secondo riservato ai veicoli provenienti da Nord-Est che dalla SP4a si dirigono verso la A12.

Figura 5-1. Il progetto nei pressi dello svincolo di Torrimpietra



Figura 5-2. Il progetto nei pressi dello svincolo di Cerveteri



5.2 MODELLO

Il modello calibrato e validato nello scenario con domanda attuale e offerta attuale (scenario base) è stato modificato in termini di offerta inserendo le modifiche apportate dal progetto.

La simulazione modellistica ha consentito di valutare l'efficacia della soluzione progettuale nell'aumento della velocità di percorrenza e nel conseguente abbattimento dei tempi di percorrenza.

5.3 RISULTANZE SCENARIO PROGETTUALE 2017

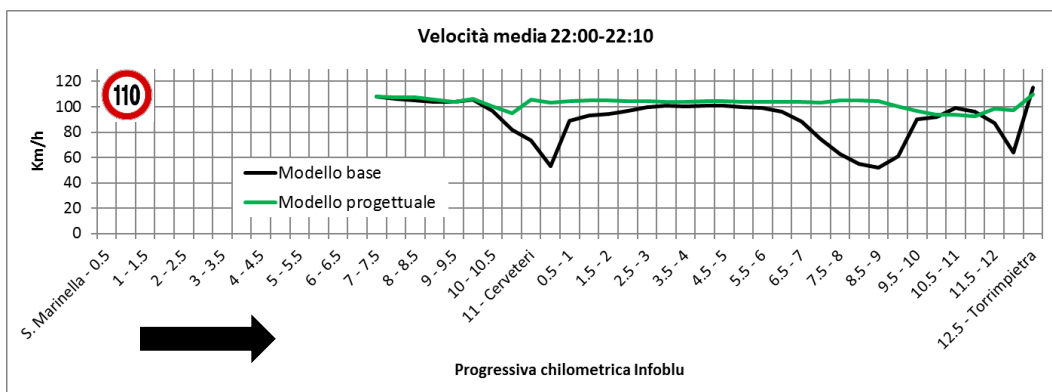
5.3.1 Scenario progettuale 2017 carreggiata Sud

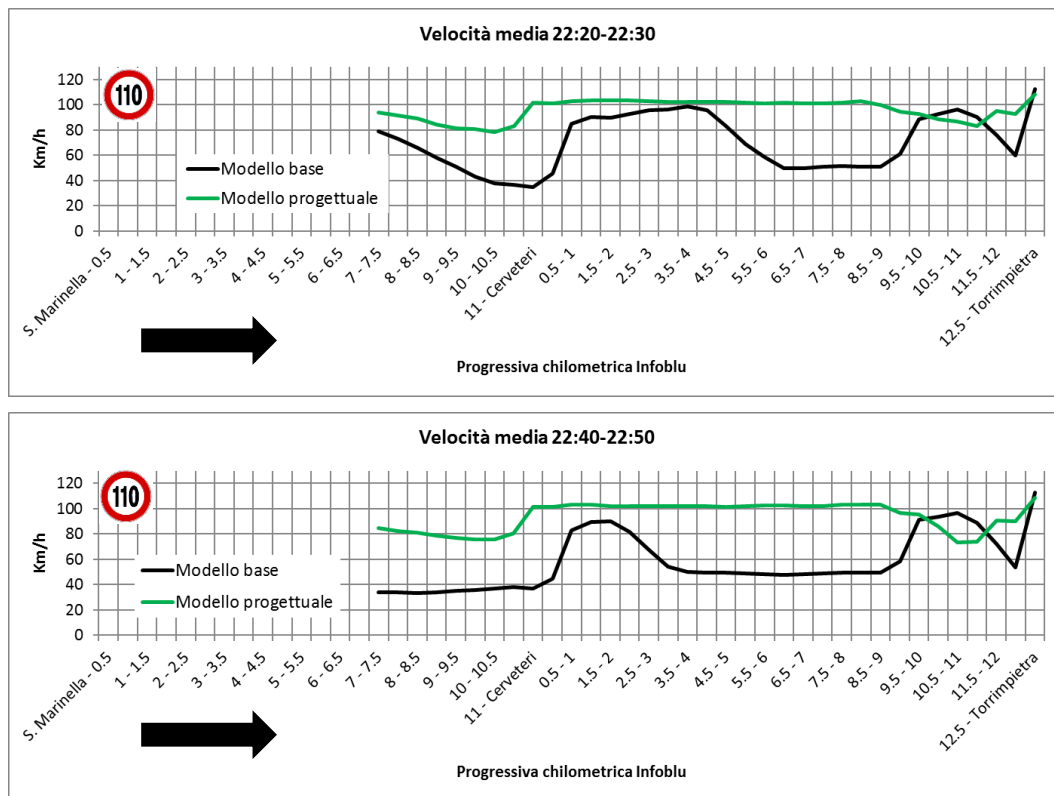
Lo scenario progettuale 2017 è stato testato sulla base della domanda di traffico attuale, facendo riferimento all'ora di punta individuata per lo scenario base (22:00-23:00).

5.3.1.1 Velocità di percorrenza

I grafici seguenti mostrano come con le modifiche proposte nello scenario progettuale si registri una più uniforme e più elevata velocità di percorrenza.

Figura 5-3. Confronto scenario base vs progettuale: velocità





In particolare, nello scenario progettuale, i valori di velocità si mantengono stabili a valle dello svincolo di Cerveteri e con valori prossimi al limite di velocità di 110 km/h imposto sulla tratta oggetto dell'intervento.

Si nota un rallentamento in prossimità dello svincolo di Torrioni, con velocità medie che rimangono comunque superiori ai 70 km/h.

I rallentamenti in corrispondenza e a monte di Cerveteri non compaiono più nello scenario progettuale: l'introduzione di una corsia aggiuntiva consente infatti un ingresso più fluido dei veicoli in entrata dallo svincolo e riduce notevolmente il disturbo arrecato ai veicoli in arrivo da Santa Marinella.

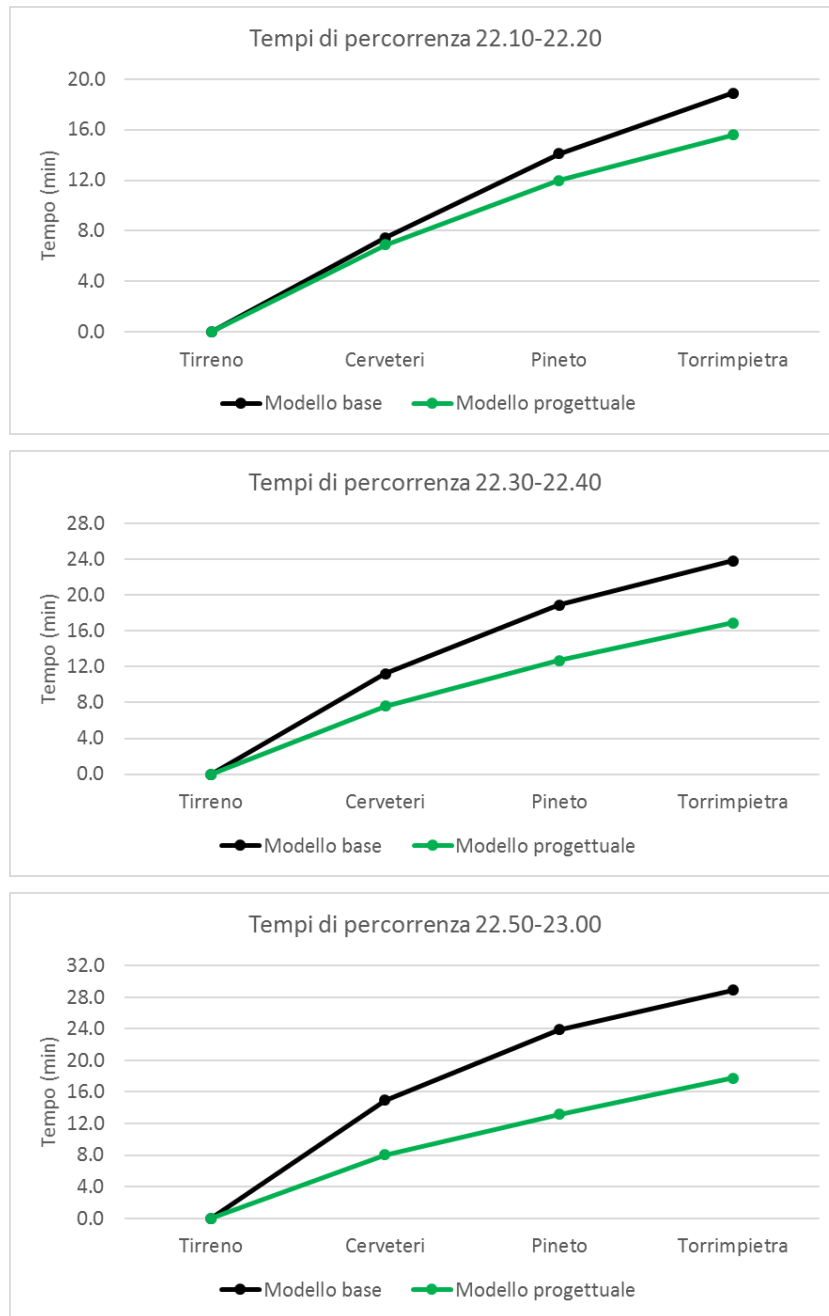
È evidente il beneficio fornito dagli interventi di progetto.

5.3.1.2 Tempi di percorrenza

L'analisi dei tempi di percorrenza lungo l'asse autostradale in direzione Sud, viste le maggiori velocità di percorrenza che si registrano rispetto allo scenario base, ha evidenziato una riduzione dei tempi di percorrenza complessivi. Le immagini seguenti riportano l'andamento dei tempi di percorrenza tra l'area di servizio Tirreno (situata nella tratta Santa Marinella – Cerveteri) e lo svincolo di Torrioni.

La riduzione dei tempi di percorrenza aumenta via via che ci si addentra nell'ora di punta, fino ad arrivare a un risparmio di tempo medio dell'ordine di 10 minuti, considerando gli ultimi 10 minuti di simulazione.

Figura 5-4. Confronto scenario base vs progettuale: tempi di percorrenza



E' evidente il beneficio fornito dagli interventi di progetto.

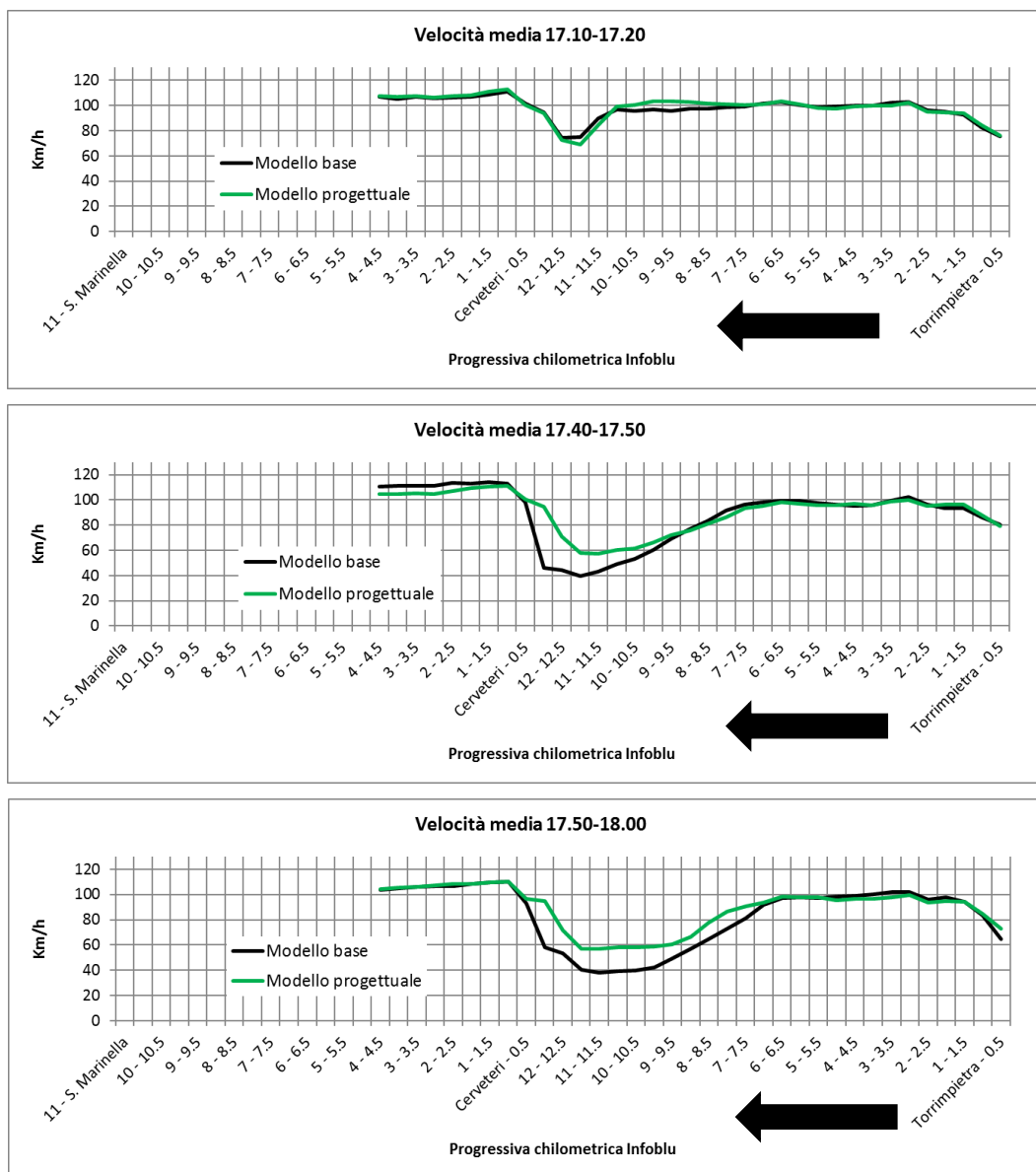
5.3.2 Scenario progettuale 2017 carreggiata Nord

Per la carreggiata Nord, lo scenario progettuale è stato testato sulla base della domanda di traffico attuale, facendo riferimento all'ora di punta individuata per lo scenario base (17:00-18:00).

5.3.2.1 Velocità di percorrenza

I grafici seguenti mostrano come, a seguito dell'introduzione della rotatoria sulla SP4, i fenomeni di rallentamento che si originano lungo l'asse autostradale nei pressi dello svincolo di Cerveteri siano di entità ridotta.

Figura 5-5. Confronto scenario base vs progettuale: velocità



Il rallentamento attuale è infatti dovuto alle code che si generano all'intersezione con la SP4a, che nei momenti più critici arrivano ad interessare l'asse autostradale.

L'introduzione della rotatoria di fatto elimina la criticità attualmente presente sulla SP4a.

E' quindi evidente il beneficio fornito dagli interventi di progetto.

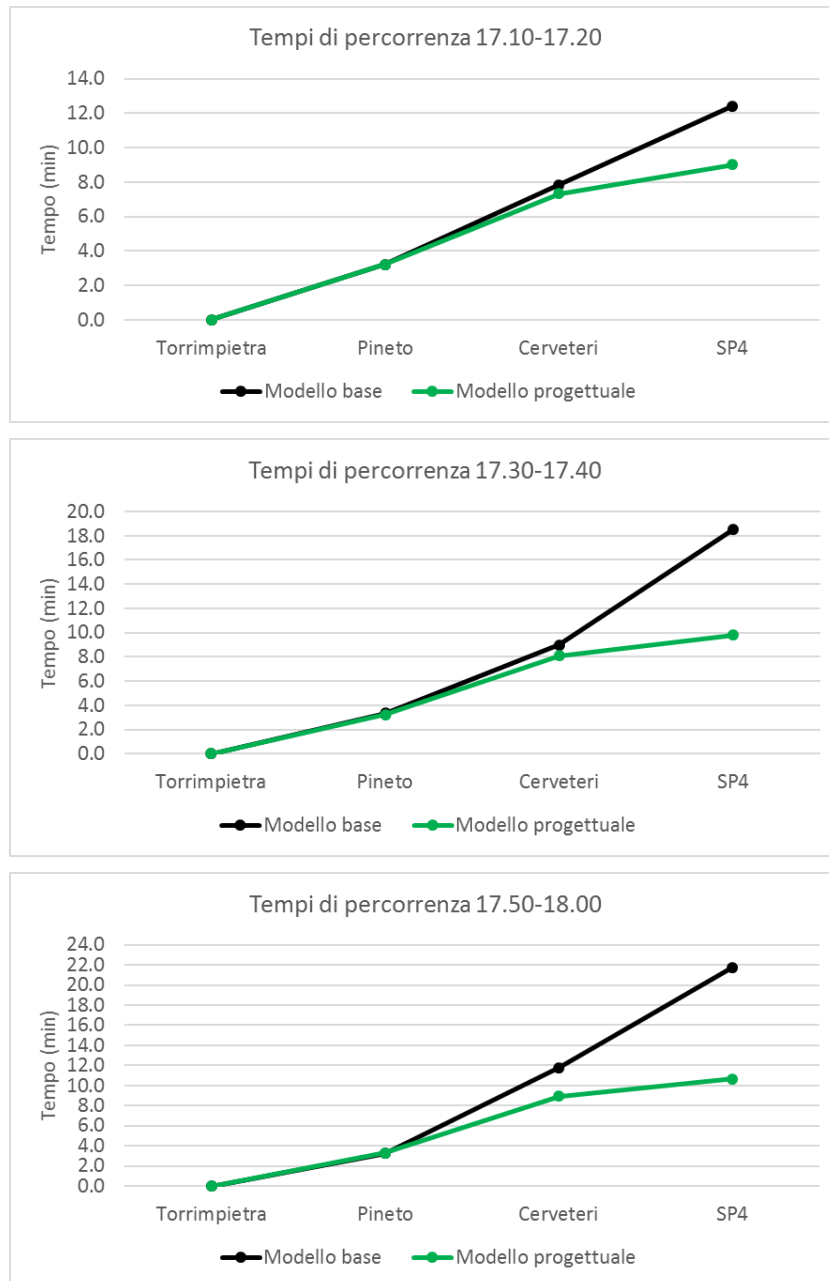
5.3.2.2 Tempi di percorrenza

L'analisi dei tempi di percorrenza lungo l'itinerario più critico in direzione Nord, e cioè le percorrenze da Torrimpietra fino alla SP4a, ha evidenziato una riduzione dei tempi molto significativa nell'ultimo tratto considerato, cioè quello compreso tra la rampa di uscita da Cerveteri e l'intersezione sulla SP4.

La riduzione dei tempi di percorrenza aumenta nell'ora di simulazione, fino ad arrivare a un risparmio di tempo medio dell'ordine di 11 minuti, considerando gli ultimi 10 minuti di simulazione.

Questo risultato conferma i benefici sull'asse autostradale dovuti all'introduzione della rotatoria in corrispondenza della SP4a.

Figura 5-6. Confronto scenario base vs progettuale: tempi di percorrenza



6 SCENARI PROGRAMMATICI FUTURI

Sono stati testati gli scenari programmatici relativi agli orizzonti temporali di breve e lungo termine, nei quali non è stata apportata nessuna modifica alla rete attuale, mentre è stata incrementata la domanda di traffico.

L'analisi dei risultati degli scenari programmatici futuri consente di stimare le condizioni future della rete nel caso in cui non vengano realizzati gli interventi progettuali proposti.

6.1 MODELLO

Partendo dal modello calibrato e validato nello scenario con domanda attuale e offerta attuale (scenario base), sono stati creati i modelli programmatici 2022 e 2032 apportando alle matrici O/D le crescite seguenti:

- Scenario 2022: +9.0% per i veicoli leggeri, +9.3% per i veicoli pesanti;
- Scenario 2032: +20.5% per i veicoli leggeri, +23.1% per i veicoli pesanti.

6.2 RISULTANZE SCENARI PROGRAMMATICI CARREGGIATA SUD

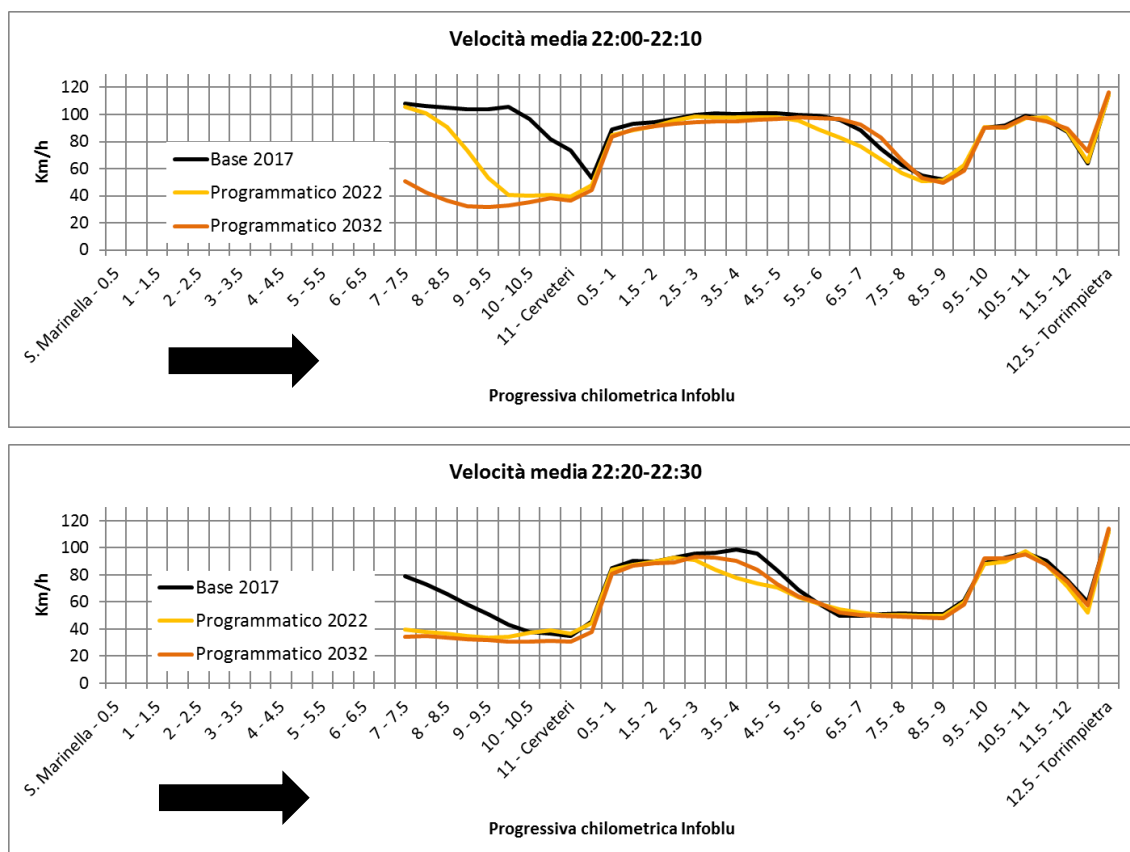
Gli scenari programmatici 2022 e 2032 relativi alla carreggiata Sud sono stati testati facendo riferimento all'ora di punta individuata per lo scenario base (22:00-23:00 di domenica).

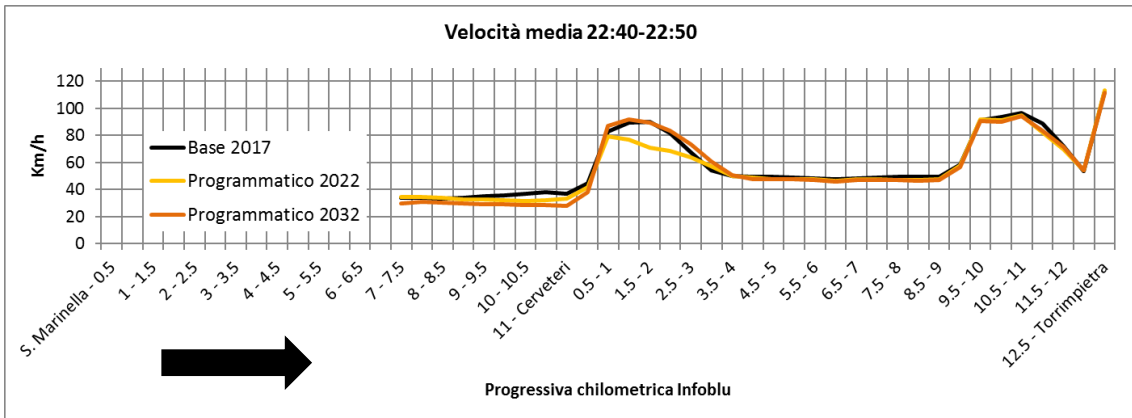
6.2.1 Velocità

I grafici seguenti mostrano come negli scenari programmatici futuri si abbia un peggioramento delle velocità di percorrenza rispetto allo scenario base, soprattutto a monte dello svincolo di Cerveteri e all'inizio dell'ora di punta.

Con l'aumento della domanda e dei volumi di traffico in arrivo da Santa Marinella le criticità in corrispondenza dello svincolo di Cerveteri si generano e si propagano a monte prima di quanto avviene nello scenario base.

Figura 6-1. Confronto scenario base vs programmatici 2022 e 2032: velocità

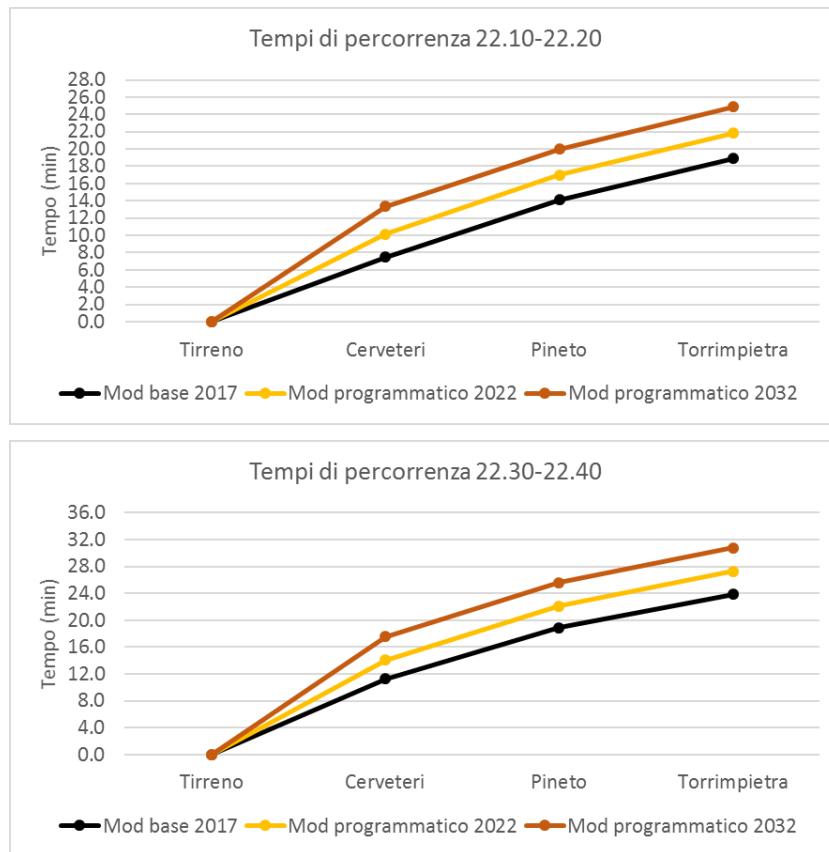


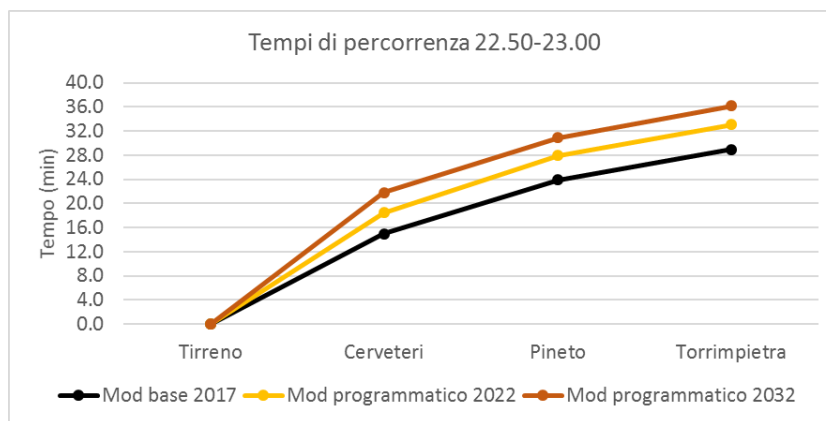


6.2.2 Tempi di percorrenza

I grafici relativi ai tempi di percorrenza confermano il graduale peggioramento delle condizioni di deflusso dei veicoli rispetto allo scenario base, con un incremento del ritardo soprattutto nella tratta compresa tra l'area di servizio Tirreno e lo svincolo di Cerveteri.

Figura 6-2. Confronto scenario base vs programmatici 2022 e 2032: tempi di percorrenza





6.3 RISULTANZE SCENARI PROGRAMMATICI CARREGGIATA NORD

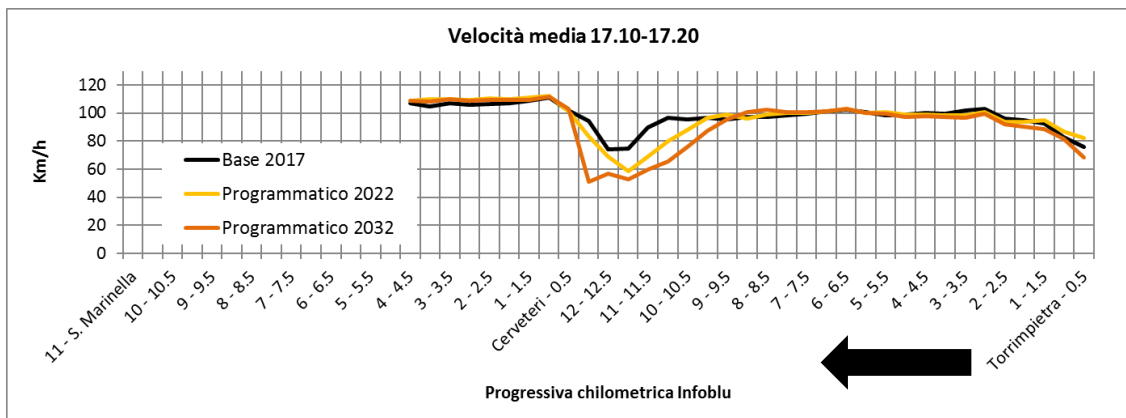
Gli scenari programmatici 2022 e 2032 relativi alla carreggiata Nord sono stati testati facendo riferimento all'ora di punta individuata per lo scenario base (17:00-18:00 di venerdì).

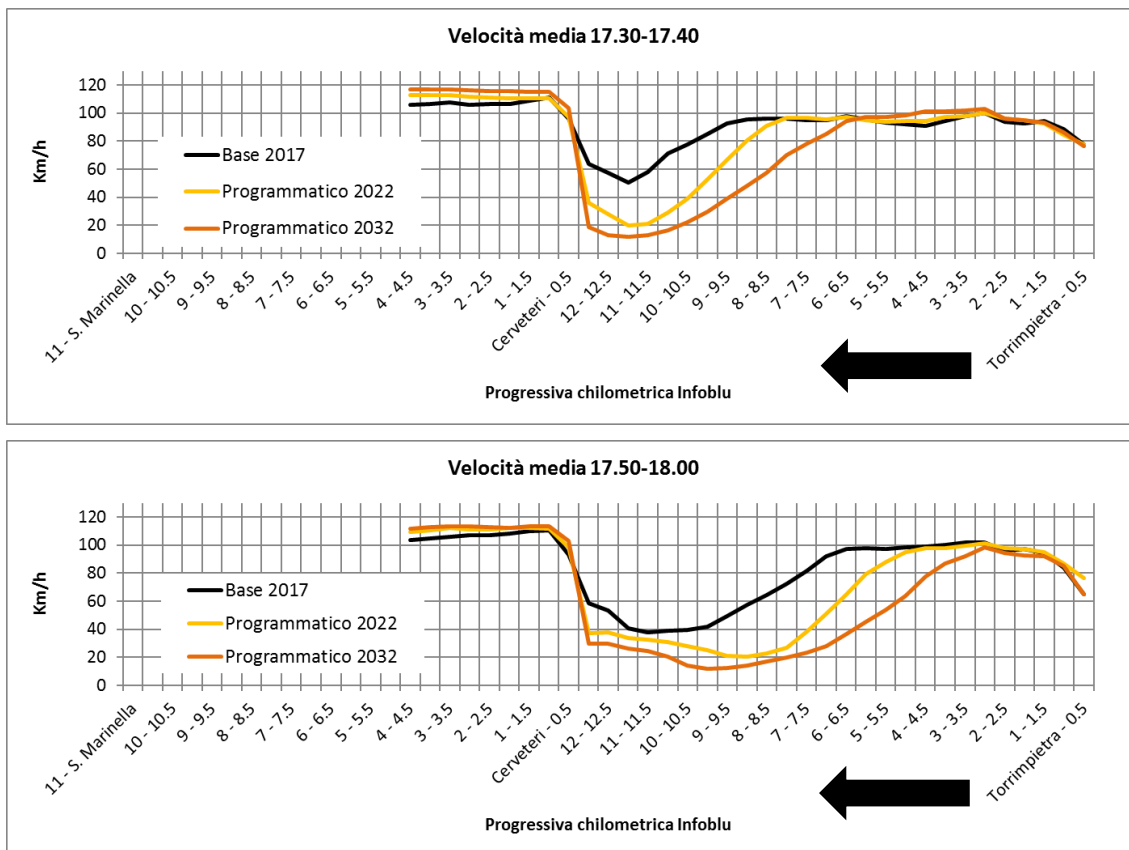
6.3.1 Velocità

L'aumento di domanda nel 2022 e 2032 provoca un netto peggioramento delle condizioni di deflusso e delle velocità di percorrenza dei veicoli lungo la carreggiata Nord.

L'elevato numero di veicoli in uscita a Cerveteri si dirige verso l'intersezione sulla SP4a, dove si generano lunghe code che arrivano sull'asse autostradale, provocando rallentamenti che si propagano a monte per gran parte della tratta in esame. Le velocità medie sono molto ridotte sia per lo scenario 2022, sia per lo scenario 2032, con un aggravamento della criticità già rilevata con la domanda attuale.

Figura 6-3. Confronto scenario base vs programmatici 2022 e 2032: velocità





Dai modelli programmatici futuri emerge un'ulteriore criticità all'immissione di Torrimpietra: all'aumentare della domanda di veicoli in ingresso alla barriera, si nota la formazione di code lungo la rampa di immissione immediatamente a valle, in corrispondenza del passaggio da due corsie a singola corsia.

Questa criticità si riscontra anche nei modelli progettuali 2022 e 2032 e si propaga, nel corso della simulazione, verso la barriera di Torrimpietra, rischiando di ostacolare l'ingresso dei veicoli nel sistema.

Figura 6-4. Criticità all'immissione di Torrimpietra negli scenari futuri



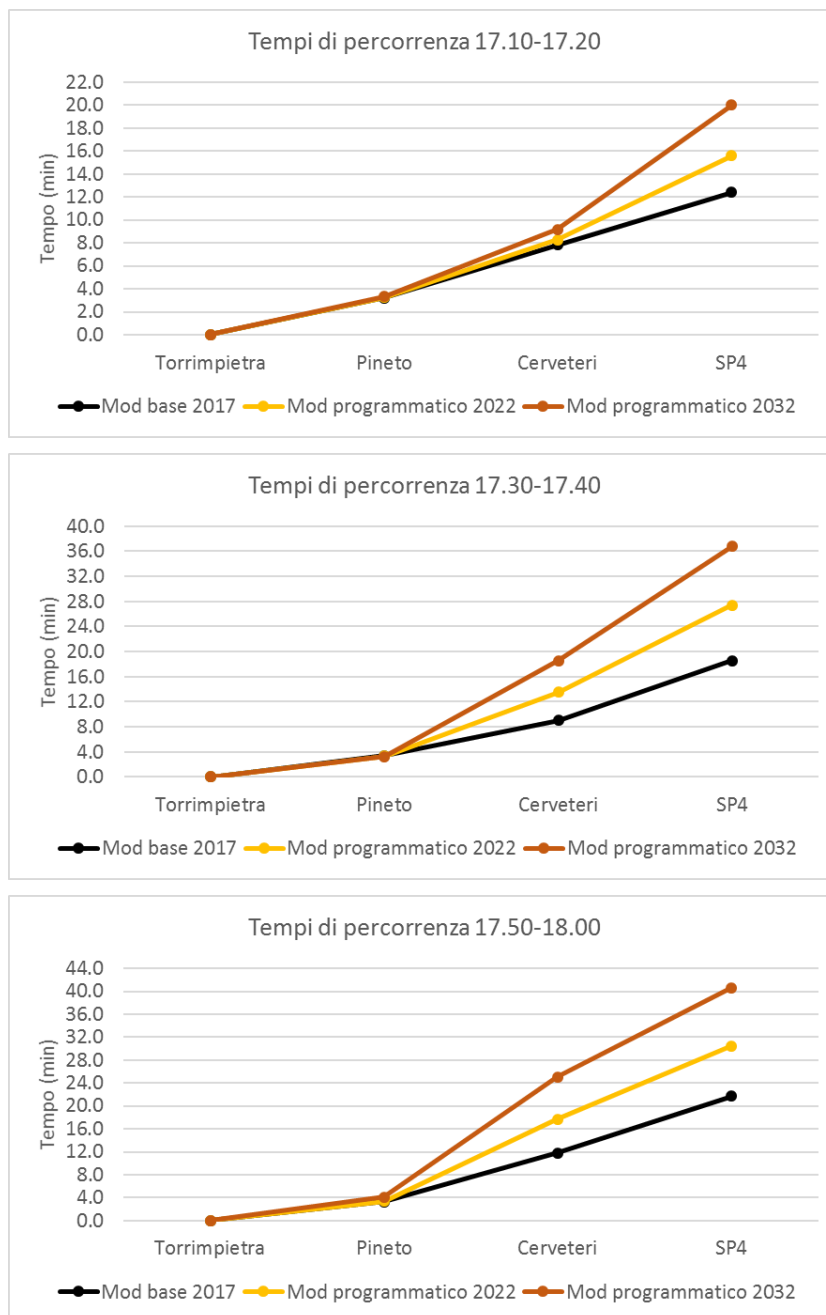
6.3.2 Tempi di percorrenza

I grafici relativi ai tempi di percorrenza tra la barriera di Torrimpietra e l'intersezione sulla SP4a confermano il progressivo peggioramento delle condizioni di deflusso dei veicoli nel 2022 e nel 2032.

I ritardi rispetto allo scenario base aumentano via via che ci si addentra nell'ora di punta e diventano rilevanti nella tratta tra l'area di sosta Pineto e l'intersezione con la SP4a.

Negli ultimi 10 minuti di simulazione i ritardi rispetto allo scenario base sono dell'ordine di 8 e 18 minuti rispettivamente per gli scenari programmatici 2022 e 2032.

Figura 6-5. Confronto scenario base vs programmatici 2022 e 2032: tempi di percorrenza



7 SCENARI PROGETTUALI FUTURI

Per stimare gli effetti della realizzazione degli interventi progettuali agli orizzonti temporali di breve e lungo termine, alle matrici O/D del modello progettuale 2017 sono state applicate le crescite seguenti:

- Scenario 2022: +9.0% per i veicoli leggeri, +9.3% per i veicoli pesanti;
- Scenario 2032: +20.5% per i veicoli leggeri, +23.1% per i veicoli pesanti.

La simulazione modellistica ha consentito di valutare l'efficacia della soluzione progettuale nell'aumento della velocità di percorrenza e nel conseguente abbattimento dei tempi di percorrenza anche negli scenari futuri.

7.1 RISULTANZE SCENARI PROGETTUALI FUTURI CARREGGIATA SUD

Gli scenari progettuali 2022 e 2032 relativi alla carreggiata Sud sono stati testati facendo riferimento all'ora di punta individuata per lo scenario base (22:00-23:00 di domenica).

7.1.1 Velocità

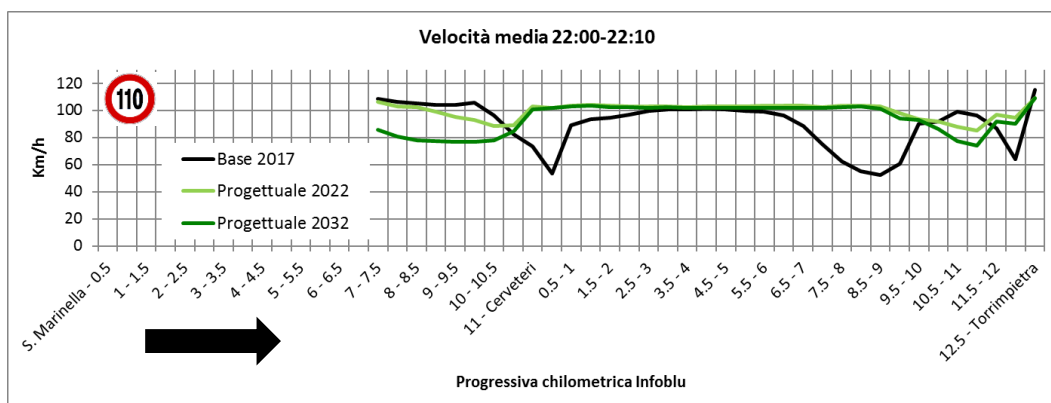
I grafici seguenti mostrano come con le modifiche proposte nello scenario progettuale si registri una più uniforme e più elevata velocità di percorrenza per gran parte della tratta in esame anche negli orizzonti futuri.

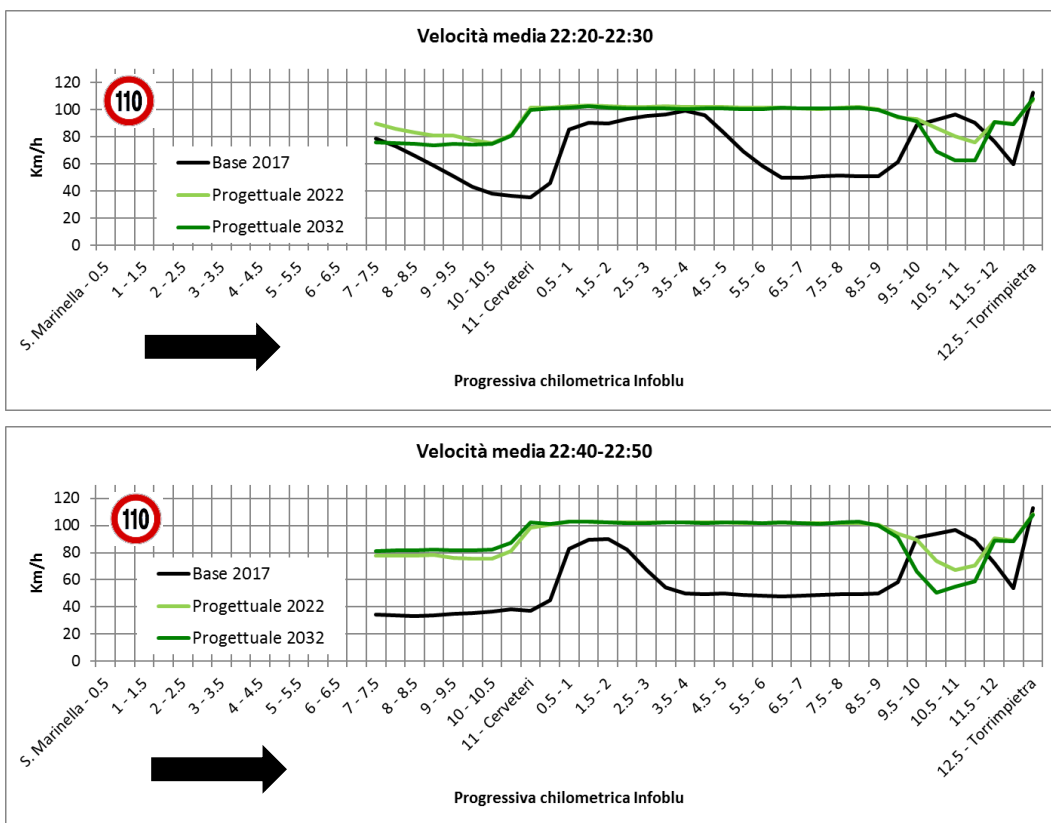
I valori di velocità si mantengono stabili a valle dello svincolo di Cerveteri e con valori prossimi al limite di velocità di 110 km/h imposto sulla tratta oggetto dell'intervento.

Il rallentamento in prossimità dello svincolo di Torrioni diventa più rilevante negli scenari futuri solo in corrispondenza dello svincolo di Torrioni, con velocità medie che scendono anche al di sotto dei 60 km/h nel 2032. Ciò è dovuto all'incremento di domanda nel lungo termine e quindi al maggiore flusso in uscita a Torrioni, che nell'ora di punta diventa particolarmente elevato: lo spostamento sulla corsia di destra dei veicoli che si accingono ad uscire a Torrioni genera un disturbo che tuttavia non si propaga a monte e si mantiene entro limiti accettabili.

I rallentamenti negli esodi estivi in corrispondenza e a monte di Cerveteri sono molto limitati negli scenari progettuali futuri, grazie all'introduzione della corsia aggiuntiva, che facilita e rende più fluida la manovra di immissione allo svincolo di Cerveteri.

Figura 7-1. Confronto scenario base vs progettuali 2022 e 2032: velocità



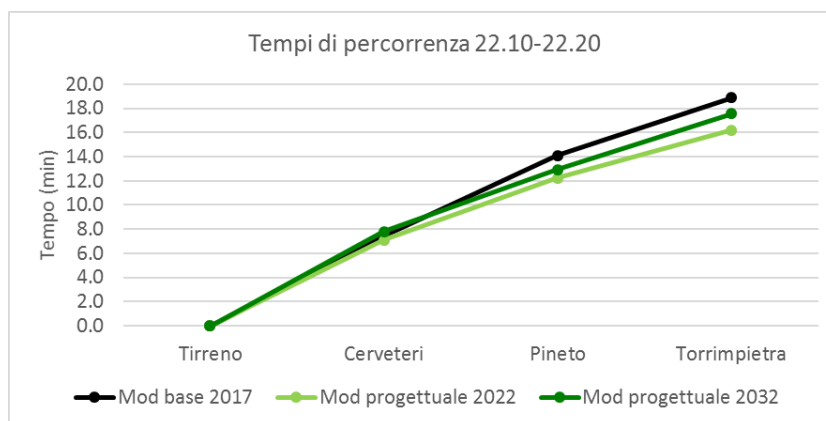


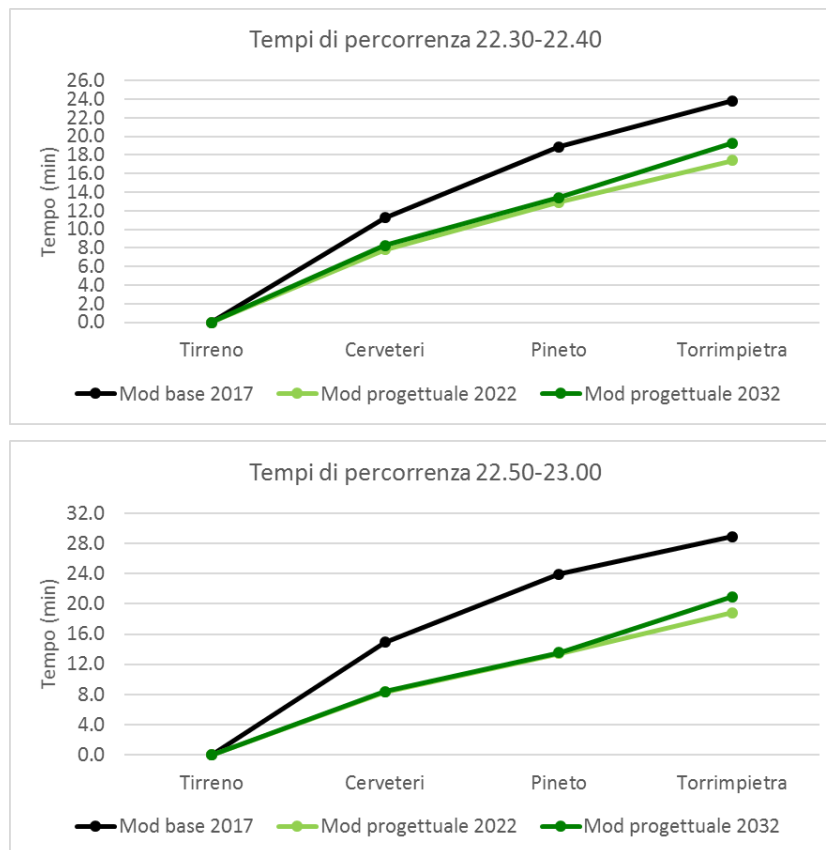
7.1.2 Tempi di percorrenza

Le immagini seguenti riportano l'andamento dei tempi di percorrenza tra l'area di servizio Tirreno (situata nella tratta Santa Marinella – Cerveteri) e lo svincolo di Torrimpietra.

Negli scenari progettuali futuri, si registra una riduzione significativa dei tempi di percorrenza, che aumenta via via che ci si addentra nell'ora di punta.

Figura 7-2. Confronto scenario base vs progettuali 2022 e 2032: tempi di percorrenza





7.2 RISULTANZE SCENARI PROGETTUALI FUTURI CARREGGIATA NORD

Gli scenari progettuali 2022 e 2032 relativi alla carreggiata Nord sono stati testati facendo riferimento all'ora di punta individuata per lo scenario base (17:00 – 18:00 di venerdì).

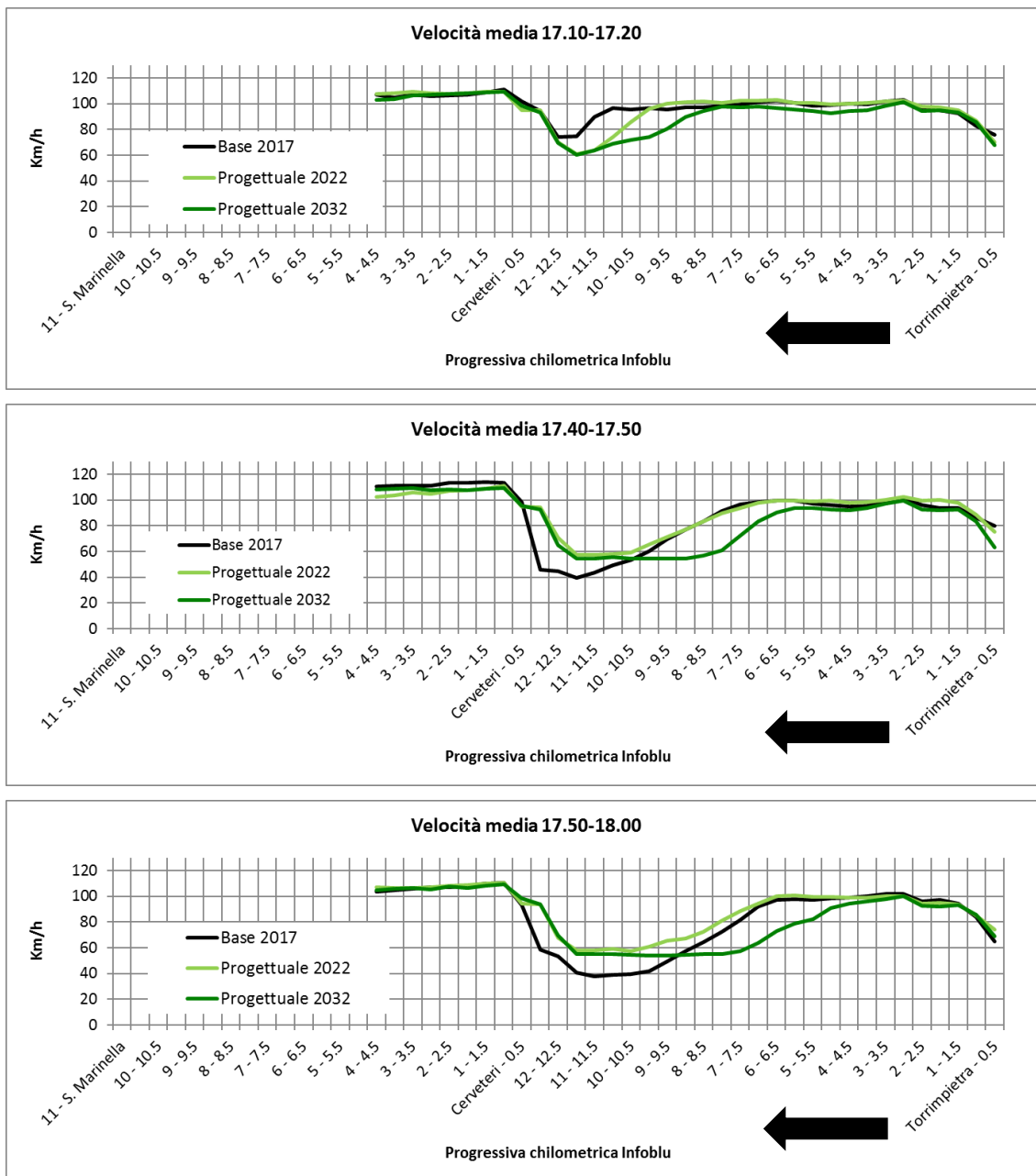
7.2.1 Velocità

I grafici seguenti mostrano come negli scenari progettuali futuri si continui ad assistere a rallentamenti che, a partire dallo svincolo di Cerveteri, si propagano verso Torrimpietra.

Tuttavia, è da sottolineare una differenza tra i diversi scenari:

- nello scenario base, il rallentamento è principalmente dovuto alle code che si manifestano in corrispondenza della intersezione con la SP4a, che si propagano fino all'asse autostradale;
- negli scenari progettuali futuri la criticità sulla SP4a viene risolta grazie all'introduzione della rotatoria, tuttavia, soprattutto all'orizzonte 2032, si generano dei rallentamenti lungo l'asse autostradale, dovuti principalmente all'incremento dei volumi di traffico; il disturbo non è dovuto a carenze capacitive dell'asse autostradale ma è dovuto ai veicoli che si accingono alla manovra di diversione a Cerveteri e diventa più rilevante all'aumentare della domanda sulla rete.

Figura 7-3. Confronto scenario base vs progettuali 2022 e 2032: velocità



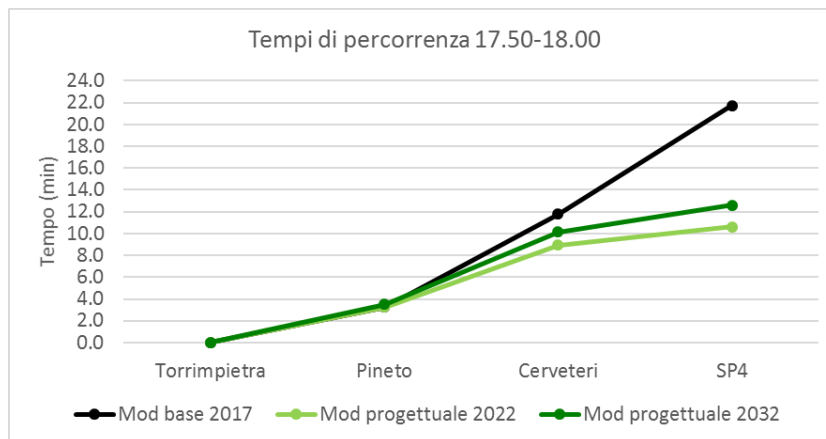
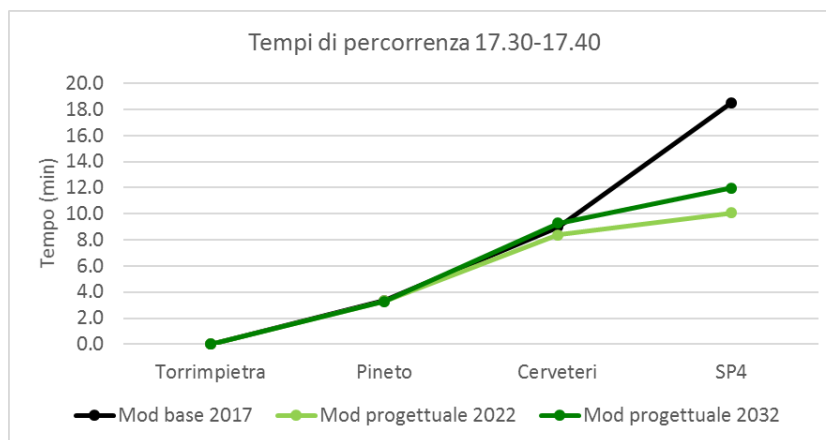
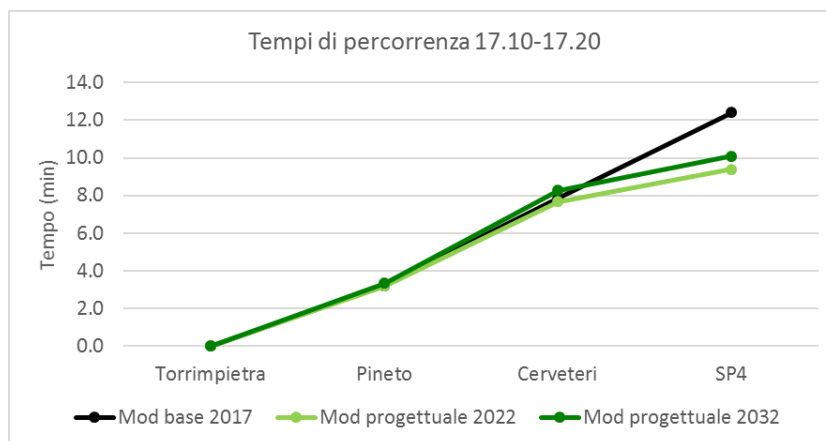
7.2.2 Tempi di percorrenza

L'analisi dei tempi di percorrenza lungo l'itinerario più critico in direzione Nord, e cioè le percorrenze da Torrimpietra fino alla SP4a, evidenzia per gli scenari progettuali futuri una riduzione dei tempi molto significativa nell'ultimo tratto considerato, cioè quello compreso tra la rampa di uscita da Cerveteri e l'intersezione sulla SP4a.

La riduzione dei tempi di percorrenza aumenta nell'ora di simulazione, fino ad arrivare a un risparmio di tempo medio dell'ordine di 11 e 9 minuti rispettivamente per gli scenari 2022 e 2032.

L'introduzione della rotatoria si rende necessaria, soprattutto se si considerano gli elevati volumi di traffico che interesseranno l'infrastruttura agli orizzonti temporali futuri, rispetto ai quali l'intersezione a raso attuale si dimostra inadeguata.

Figura 7-4. Confronto scenario base vs progettuali 2022 e 2032: tempi di percorrenza



7.3 VERIFICA LOS DELLA ROTATORIA DI PROGETTO

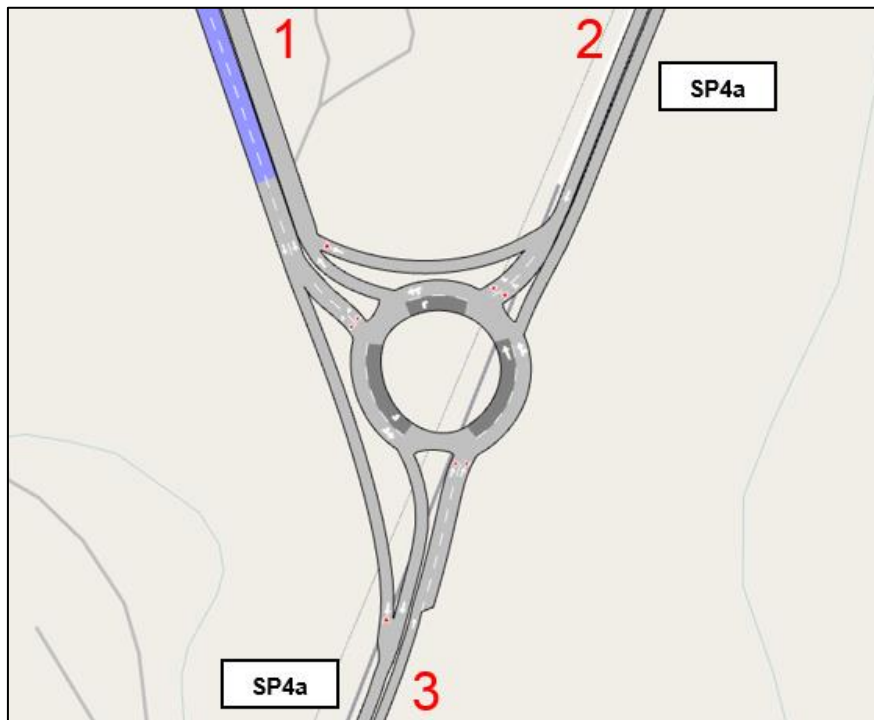
È stata condotta una verifica del livello di servizio della rotatoria di progetto, al fine di verificare il contenimento dei ritardi entro limiti accettabili per tutti i flussi in arrivo all'intersezione.

Visto l'elevato carico veicolare che interessa le manovre dall'A12 verso il litorale e viceversa (manovre 1-3 e 3-1 nella planimetria a pagina seguente) è stato necessario introdurre due shunt in modo da poter ottenere dei Livelli di Servizio soddisfacenti.

La valutazione del LOS è stata effettuata all'orizzonte temporale di breve termine (2022) ed è basata sui ritardi registrati durante le ore di punta sugli archi di immissione nella rotatoria.

L'analisi del LOS è stata condotta applicando le matrici di domanda dell'ora di punta della carreggiata Sud e della carreggiata Nord separatamente, in modo da verificare il funzionamento della rotatoria sia per l'ora di punta di venerdì (17:00 – 18:00) sia per l'ora di punta di domenica (22:00 – 23:00).

Figura 7-5. Rotatoria di progetto



Il livello di servizio complessivo della rotatoria di progetto al 2022 risulta accettabile per entrambe le ore considerate:

- Nell'ora di punta della carreggiata Sud il ritardo massimo si registra all'accesso 2 ed è dell'ordine di 14 secondi (LOS B), mentre sugli altri due accessi si hanno ritardi inferiori ai 5 secondi (LOS A);
- Nell'ora di punta della carreggiata Nord la rotatoria è interessata da flussi particolarmente elevati; il ritardo massimo si registra all'accesso 3 ed è dell'ordine di 18 secondi (LOS C), mentre sugli altri due accessi si hanno ritardi inferiori ai 9 secondi (LOS A).

Tabella 7-1. LOS rotatoria di progetto 2022 (ora di punta carreggiata Sud)

Accesso	Flusso [veh/h]	Coda Max [veh]	Coda Max [m]	Ritardo medio [sec]	LoS
1	424	1.5	6.0	3.8	A
3	774	2.8	22.0	4.7	A
2	753	14.8	106.0	13.8	B
				LoS Intersezione	B

Tabella 7-2. LOS rotatoria di progetto 2022 (ora di punta carreggiata Nord)

Accesso	Flusso [veh/h]	Coda Max [veh]	Coda Max [m]	Ritardo medio [sec]	LoS
1	959	5.8	23.0	8.9	A
3	906	18.5	74.0	18.3	C
2	827	3.0	13.0	6.9	A
				LoS Intersezione	C

8 CONFRONTO SCENARI PROGRAMMATICI – PROGETTUALI

In questo capitolo sono stati messi a confronto i risultati ottenuti negli scenari programmatici e progettuali a parità di anno (e quindi a parità di domanda), in modo da evidenziare i benefici apportati dalla soluzione progettuale rispetto allo scenario di non intervento.

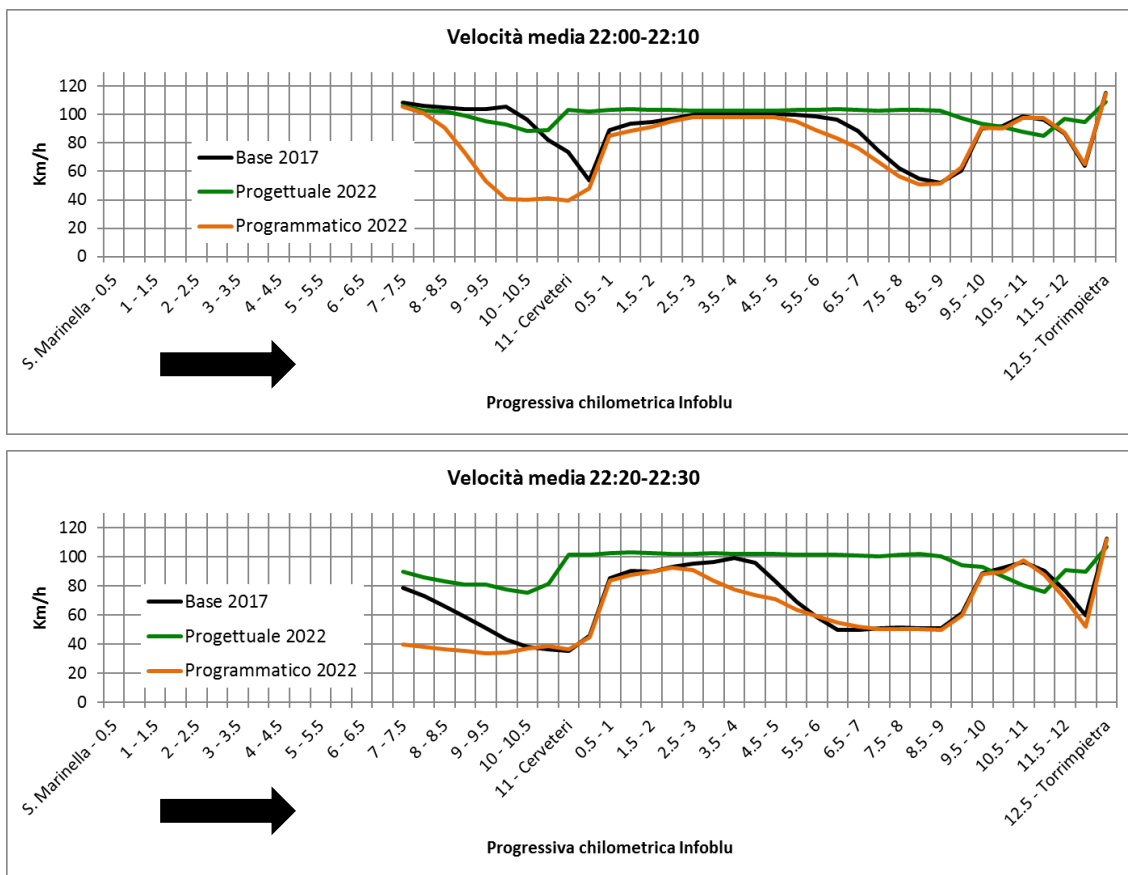
8.1 CONFRONTO RISULTANZE CARREGGIATA SUD

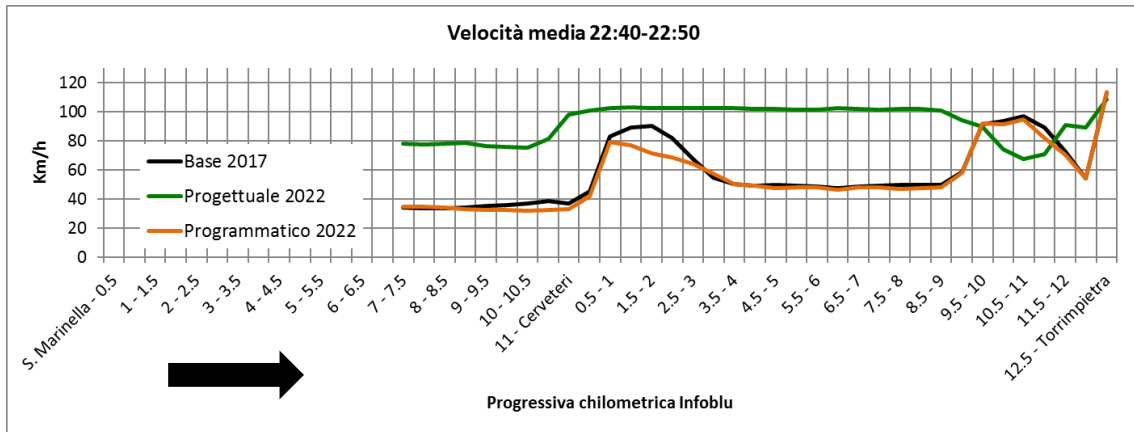
8.1.1 Scenari programmatico e progettuale 2022

I grafici relativi alle velocità di percorrenza evidenziano il notevole beneficio prodotto dall'introduzione della corsia aggiuntiva tra Cerveteri e Torrimpietra nel 2022. Le velocità risultano molto superiori nello scenario progettuale, in particolare:

- nella tratta compresa tra i due svincoli, la corsia aggiuntiva consente di mantenere velocità prossime al limite di 110 km/h;
- a monte dello svincolo di Cerveteri, nello scenario di progetto le velocità si mantengono intorno agli 80 km/h, contro i 40 km/h dello scenario programmatico.

Figura 8-1. Confronto scenario programmatico vs progettuale 2022: velocità

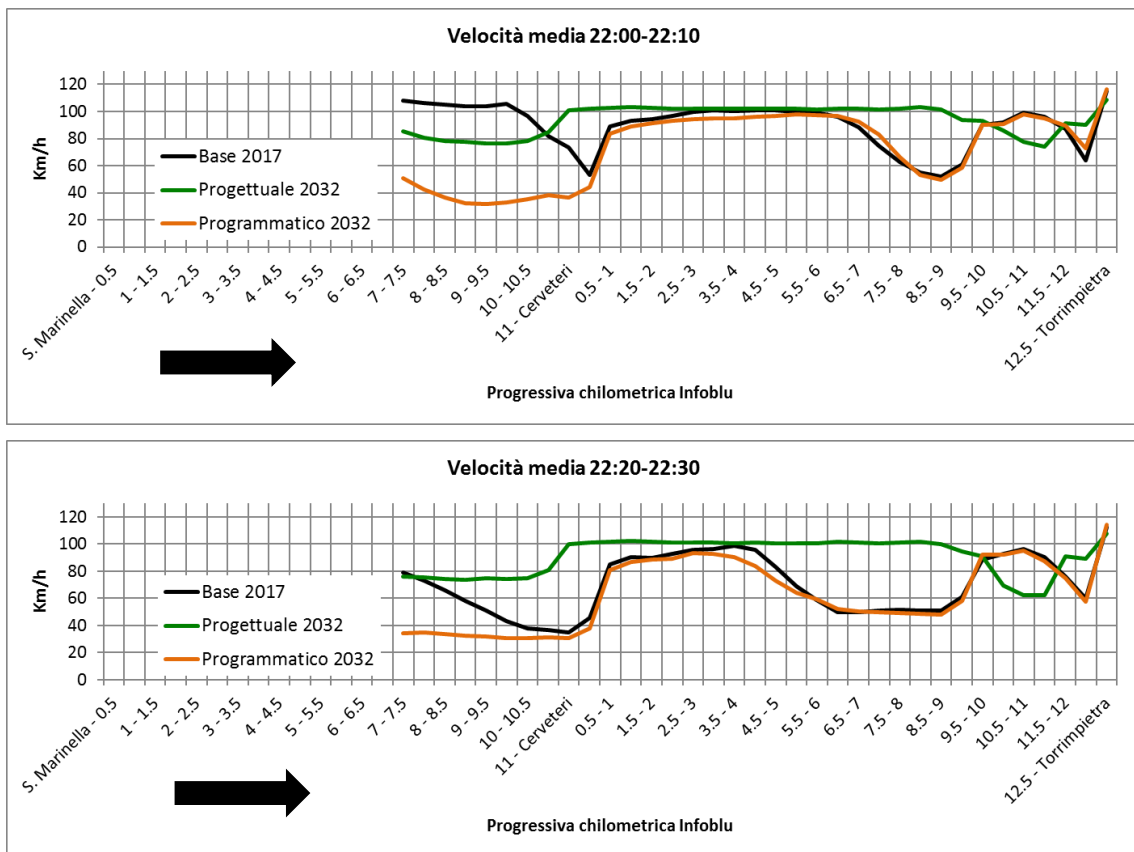


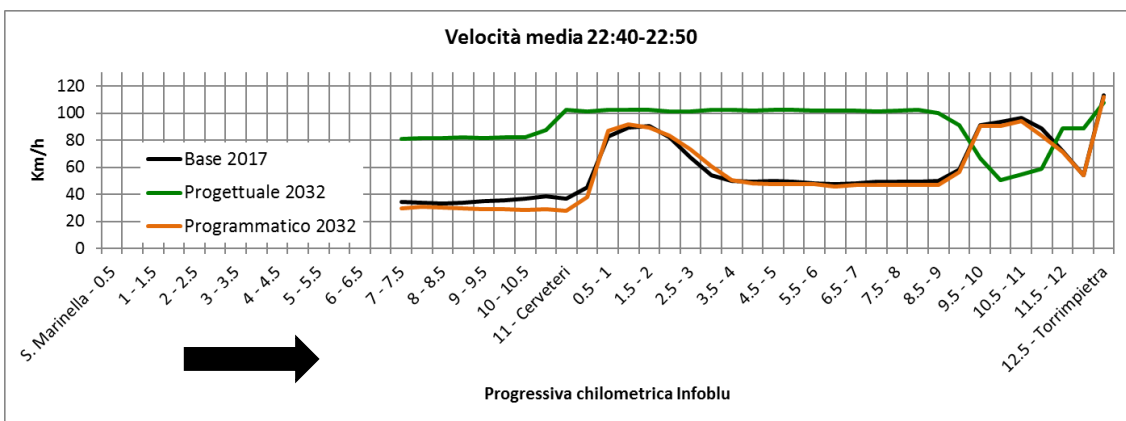


8.1.2 Scenari programmatico e progettuale 2032

I grafici seguenti confermano i benefici dovuti all'introduzione della corsia aggiuntiva in carreggiata Sud anche nell'orizzonte temporale di lungo termine.

Figura 8-2. Confronto scenario programmatico vs progettuale 2032: velocità





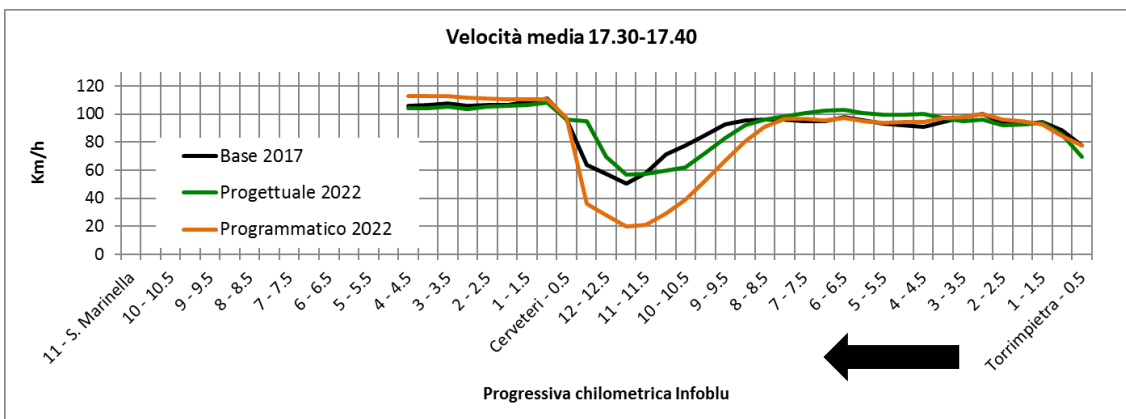
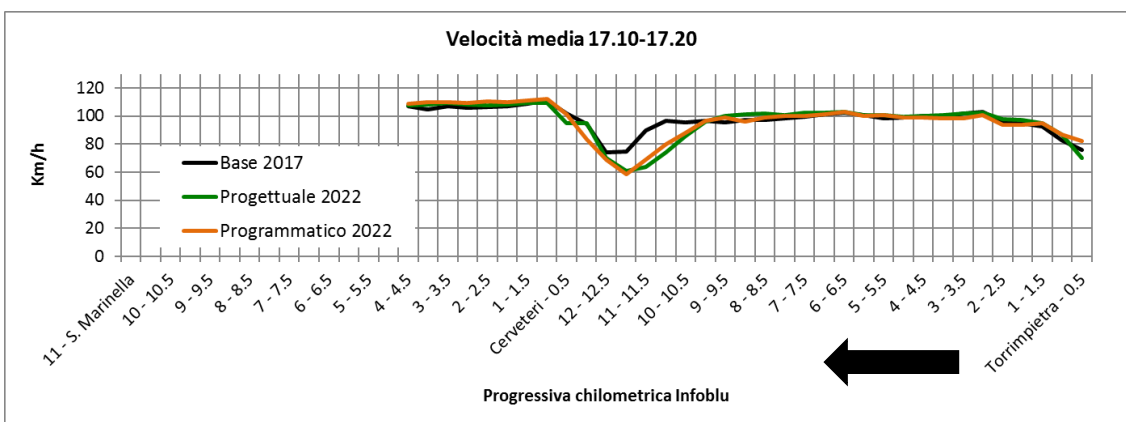
8.2 CONFRONTO RISULTANZE CARREGGIATA NORD

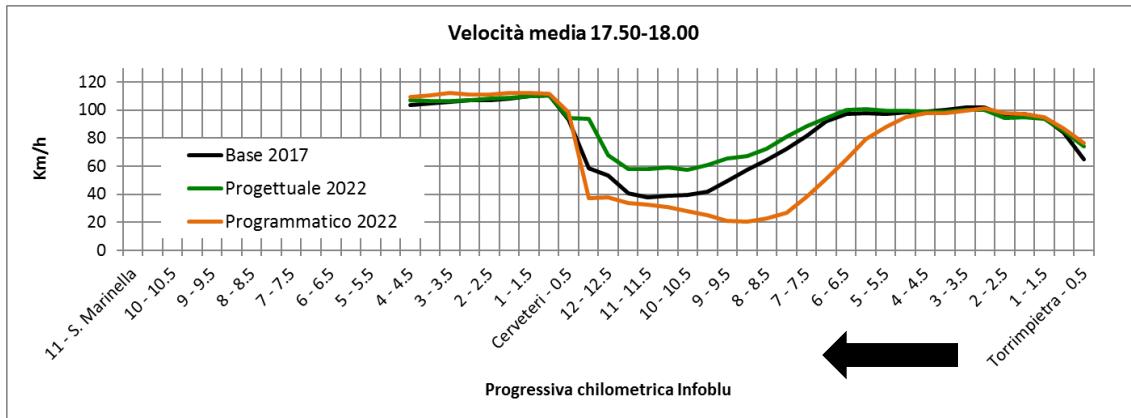
8.2.1 Scenari programmatico e progettuale 2022

I grafici seguenti evidenziano come l'introduzione della rotonda sulla SP4a (scenario progettuale 2022) consenta di mantenere maggiori velocità di percorrenza tra Cerveteri e Torrimpietra rispetto allo scenario di non intervento.

Nello scenario progettuale, a causa degli elevati volumi di traffico in uscita a Cerveteri, si hanno comunque dei rallentamenti lungo la carreggiata, ma di entità molto inferiore rispetto allo scenario programmatico.

Figura 8-3. Confronto scenario programmatico vs progettuale 2022: velocità

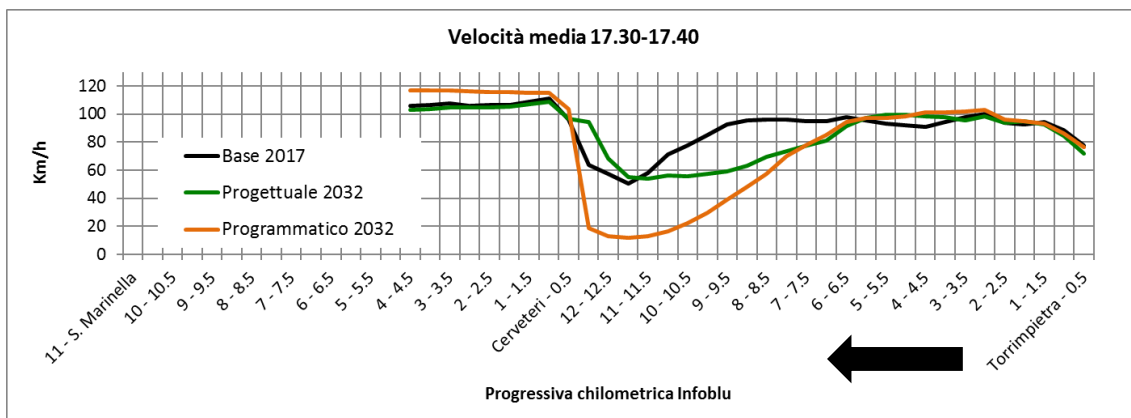
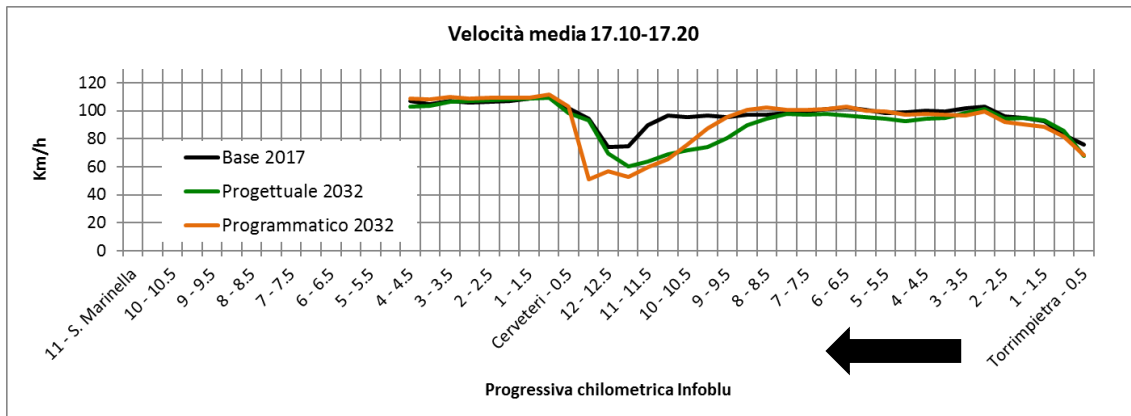


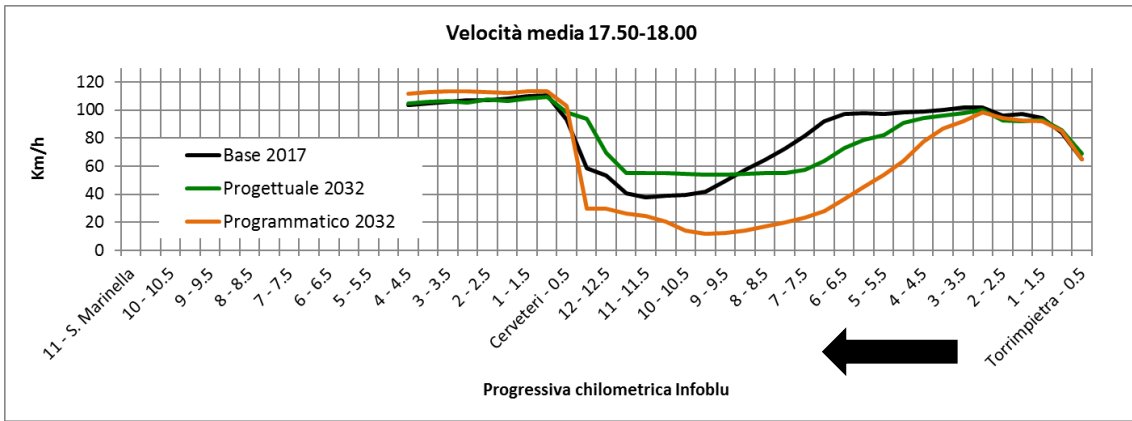


8.2.2 Scenari programmatico e progettuale 2032

I grafici relativi al 2032 confermano i benefici dovuti alle modifiche progettuali in carreggiata Nord anche nell'orizzonte temporale di lungo termine.

Figura 8-4. Confronto scenario programmatico vs progettuale 2032: velocità





9 ANALISI DI FUNZIONALITA' DELLA TRATTA IN CONDIZIONI ORDINARIE (GIORNO FERIALE MEDIO DEL PERIODO NEUTRO)

Atteso che il problema della A12 risiede in accodamenti sistematici e concentrati nei week end dei periodi estivi, lo studio ha inteso verificare se problemi capacitivi possano invece insorgere nel medio – lungo periodo ed è stata pertanto analizzata l'evoluzione prevedibile del traffico all'anno 2042, associabile ad una vita utile di circa 20 anni dell'intervento in progetto.

E' stato pertanto calcolato il Livello di Servizio che si avrà sulla tratta al 2042 in carreggiata nord ed in carreggiata sud ed è stato poi verificato che tale Livello di Servizio risultasse almeno pari a LOS C (ritenuto ammissibile per una infrastruttura esistente).

Il calcolo del Livello è stato effettuato utilizzando la procedura proposta dall'Highway Capacity Manual (HCM), in funzione del rapporto Flusso / Capacità.

A partire dai dati presenti nel Database Aspi in termini di flussi orari e giornalieri del 2017 alle barriere di Roma Ovest e Torrioni, ed assumendo come flusso della tratta Cerveteri – Torrioni quello pari alla somma delle due barriere, è stato possibile definire un periodo "neutro", ovvero un periodo che non risenta degli effetti dovuti all'esodo dei romani verso il litorale tirrenico. Tale periodo comprende i mesi che vanno da gennaio ad aprile e da novembre a dicembre.

All'interno di tale periodo sono stati presi in considerazione solo i giorni feriali ed è stato calcolato il flusso medio di tali giornate (flusso del giorno feriale medio del periodo neutro) che è risultato pari a 16008 veicoli totali / giorno in carreggiata nord e 16463 veicoli totali / giorno in carreggiata sud.

E' stato poi individuato il mese rappresentativo di tale periodo, che è risultato essere il mese di marzo, e all'interno di tale mese è stato individuato il giorno che più si avvicina in termini di flusso a quello del giorno feriale medio del periodo neutro. Tale giorno è risultato giovedì 16 marzo 2017 con un flusso pari a 16282 veicoli totali / giorno per la carreggiata nord e 16848 veicoli totali / giorno per la carreggiata sud.

All'interno di tale giornata è stata individuata l'ora di punta per la carreggiata nord (17:00-18:00) e l'ora di punta per la carreggiata sud (7:00 – 8:00). Si riportano in Figura 9-1 e in Figura 9-2 gli andamenti orari dei flussi del 16 marzo 2017 per le due carreggiate in termini di veicoli totali, con evidenziata l'ora di punta.

I valori dell'ora di punta del giorno 16 marzo 2017 sono pari a 1335 veicoli totali / ora per la carreggiata nord e 1624 veicoli totali / ora per la carreggiata sud.

Figura 9-1. Andamento orario dei flussi del giorno 16 marzo 2017 – somma barriere di Roma Ovest e Torrioni - carreggiata nord [veicoli totali]

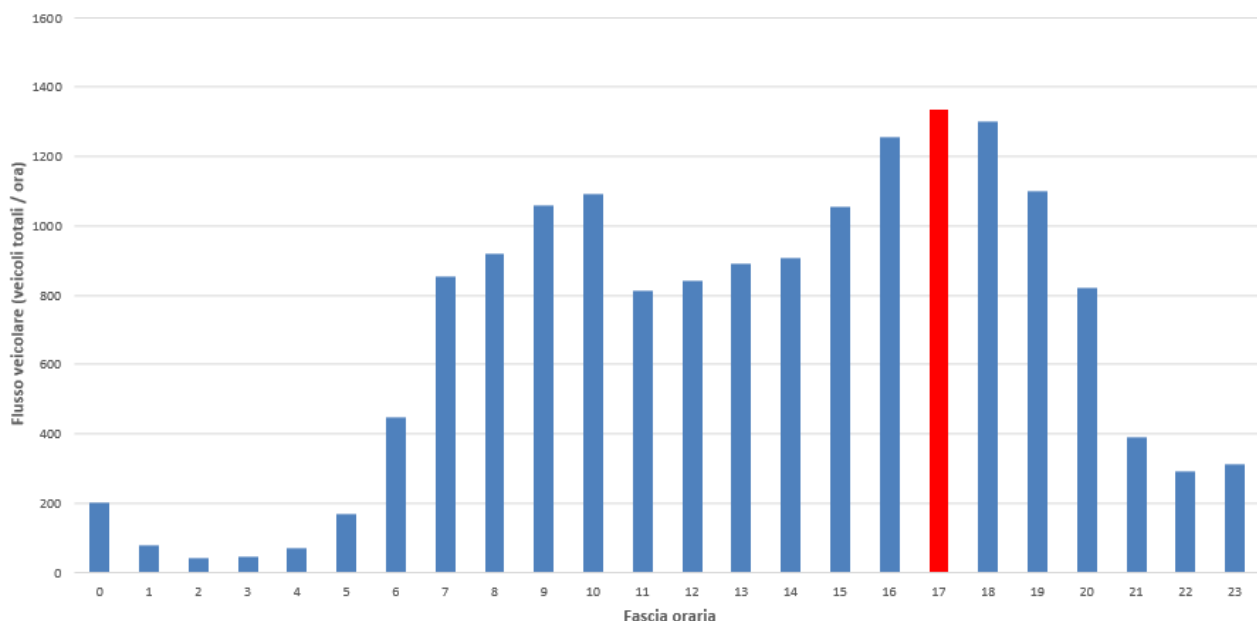
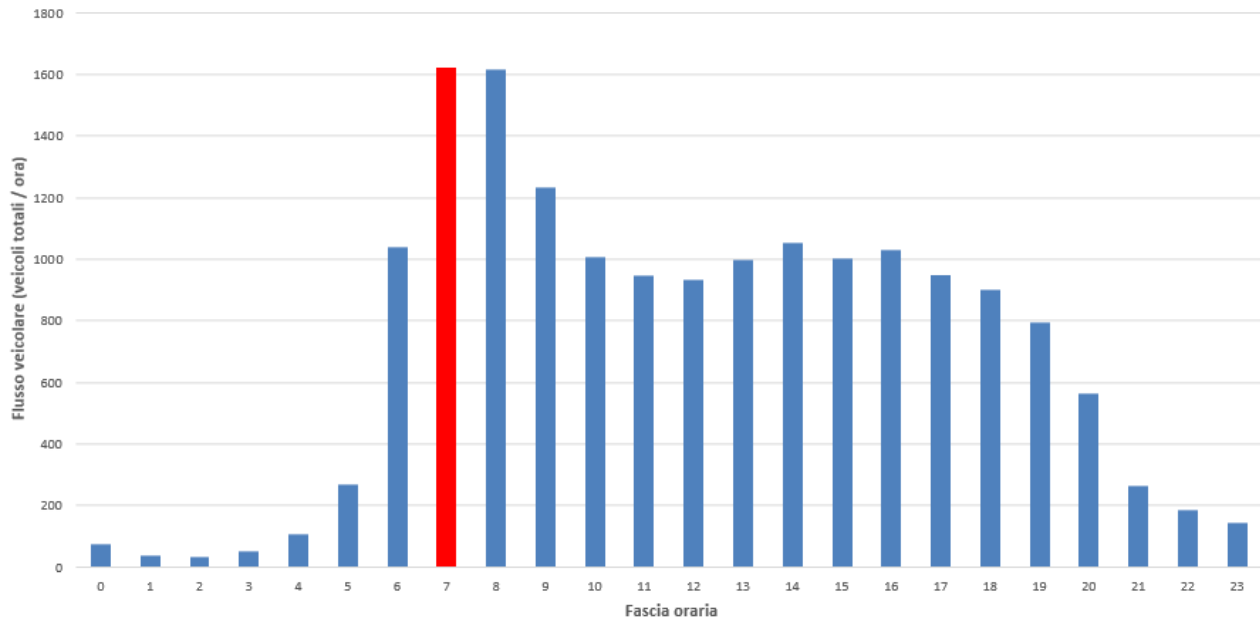


Figura 9-2. Andamento orario dei flussi del giorno 16 marzo 2017 – somma barriere di Roma Ovest e Torrioni - carreggiata sud [veicoli totali]



Il flusso dell'ora di punta è stato espanso al 2042 applicando i coefficienti di crescita utilizzati nel modello ed è stato utilizzato per calcolare il rapporto flusso / capacità e il Livello di Servizio corrispondente per entrambe le carreggiate (vedi Tabella 9-1 e Tabella 9-2).

E' stata considerata una capacità per corsia pari a 2200 veicoli equivalenti per la carreggiata nord, caratterizzata da corsie di larghezza di 3.75m e velocità limite di 130 km/h, corrispondente ad una velocità di flusso libero pari a 120 km/h, e una capacità pari a 2000 veicoli equivalenti per la carreggiata sud, caratterizzata da corsie di larghezza inferiore pari a 3.5m a causa dell'introduzione della corsia aggiuntiva e da un limite di velocità di 110 km/h, corrispondente ad una velocità di flusso libero pari a 100 km/h.

Tabella 9-1. Range Livelli di Servizio da HCM

LOS freeway	A	B	C	D	E	F
FFS 120 km/h Flusso / Capacità	0.35	0.55	0.77	0.92	1.00	> 1.00
FFS 100 km/h Flusso / Capacità	0.30	0.48	0.70	0.90	1.00	> 1.00

Tabella 9-2. Calcolo Livelli di Servizio per la tratta A12 Cerveteri - Torrioni

CARREGGIATA	Flusso ora di punta al 2042 (veicoli equivalenti)	Capacità per corsia	Numero corsie	Capacità totale	Flusso / Capacità	Livello di Servizio
Nord	1812	2200	2	4400	0,412	LOS B
Sud	2170	2000	2	4000	0,543	LOS C

Dall'analisi emerge che la tratta Cerveteri – Torrioni, nel giorno feriale medio del periodo neutro, presenta in entrambe le carreggiate al 2042 condizioni di deflusso accettabili, a dimostrazione del fatto che in condizioni medie ed ordinarie l'autostrada non presenterà anche nel lungo periodo problematiche di natura capacitativa.

10 CONCLUSIONI

10.1 SINTESI DELLO STUDIO

Il presente report ha descritto le attività e le analisi trasportistiche effettuate lungo la tratta Cerveteri – Torrioni della autostrada A12 Roma – Civitavecchia, al fine di definirne le criticità capacitive e valutarne i possibili potenziamenti da un punto di vista trasportistico.

L'analisi dello stato di fatto è stata effettuata sulla base di una estesa base di dati le cui fonti sono state il diario degli eventi di tratta, la banca dati dei transiti ai caselli della A12 e la campagna di indagini appositamente predisposte (rilievo flussi veicolari, velocità di percorrenza da dati Infoblu, tempi di percorrenza da veicoli sonda, riprese video).

L'analisi incrociata di tutti i dati raccolti ha consentito di individuare una serie di criticità e di definirne le cause e le possibili soluzioni.

Per la carreggiata Sud le conclusioni cui si è giunti possono essere così sintetizzate:

1. Code e rallentamenti sono presenti nelle giornate di rientro dei romani dal litorale tirrenico; questo fenomeno si concentra principalmente la domenica dei week end primaverili ed estivi oltre che nella giornata conclusiva di occasionali ponti festivi.
2. Nelle giornate critiche i flussi più elevati, cui conseguono code e rallentamenti, si verificano nel tardo pomeriggio e durante la sera: generalmente si osservano i primi rallentamenti dalle ore 16 del pomeriggio e il fenomeno si amplifica poi tra le 17 e le 19 raggiungendo il picco tra le 21 e le 23.
3. I primi rallentamenti si presentano all'altezza del km 8+500 (caposaldo km 0+000 = svincolo di Cerveteri) che si localizza a valle dell'area di sosta Il Pineto, protraendosi poi progressivamente a monte verso lo svincolo di Cerveteri.
4. L'elevato flusso proveniente da Santa Marinella insieme all'altrettanto elevato flusso in ingresso allo svincolo di Cerveteri verso Roma, comportano perturbazioni e rallentamenti in asse a cavallo dello svincolo di Cerveteri.
5. Nelle fasce orarie più critiche gli accodamenti originati nell'intorno del km 8+500 si uniscono a quelli presenti all'altezza dello svincolo di Cerveteri provocando una drastica diminuzione delle velocità di percorrenza.
6. Rallentamenti, code e diffusi fenomeni di stop&go sono riconducibili all'elevato flusso veicolare e agli intrecci che si vengono ad avere tra i veicoli diretti alla barriera di Roma Ovest – 55% - (che restano sull'asse autostradale) e quelli diretti verso lo svincolo di Torrioni – 45%.
7. La realizzazione di una corsia aggiuntiva nella tratta Cerveteri – Torrioni dovrebbe consentire di aumentare la capacità effettiva della tratta e di eliminare il problema dell'immissione dallo svincolo di Cerveteri.

Per la carreggiata Nord le conclusioni cui si è giunti possono essere così sintetizzate:

1. Code e rallentamenti sono presenti nelle giornate di esodo dei romani verso il litorale tirrenico; questo fenomeno si concentra principalmente il venerdì dei week end primaverili ed estivi oltre che nella giornata iniziale di occasionali ponti festivi.
2. Nelle giornate critiche i flussi più elevati, cui conseguono code e rallentamenti, si verificano nel tardo pomeriggio: generalmente si osservano i primi rallentamenti dalle ore 16 del pomeriggio mentre il picco si raggiunge tra le 17 e le 19.
3. La fascia oraria di estensione delle criticità in carreggiata Nord è più ridotta che nella Sud.
4. I primi rallentamenti in asse si presentano all'altezza della diversione dello svincolo di Cerveteri.
5. I rallentamenti e gli accodamenti sono dovuti all'elevato flusso in uscita a Cerveteri ma soprattutto all'esterno che non riceve. Infatti l'intersezione canalizzata tra la SP4a e le rampe di adduzione alla A12, non è particolarmente efficiente per la manovra diretta verso il litorale.
6. La realizzazione di una rotatoria al posto dell'intersezione canalizzata dovrebbe eliminare gli accodamenti in prossimità della diversione di Cerveteri in carreggiata Nord. Nella soluzione progettuale proposta la rotatoria è potenziata con due shunt per le manovre A12 -> "SP4a direzione Sud" e "SP4a Nord-Est" -> A12.

Le analisi trasportistiche sono state effettuate tramite l'ausilio di un modello di micro simulazione della circolazione veicolare. Tale modello è stato calibrato e validato rispetto allo scenario attuale per poi poter essere utilizzato al fine di valutare l'efficacia degli interventi progettuali previsti sia in riferimento allo scenario attuale, sia in riferimento ad orizzonti temporali futuri di breve e lungo termine.

L'analisi dello scenario progettuale 2017, caratterizzato da una domanda trasportistica invariata rispetto allo scenario attuale ma potenziato dalle opere previste, ha consentito di evidenziare in modo netto i benefici ottenibili:

- La carreggiata Sud della A12 tra Cerveteri e Torrionietra vede una diminuzione dei tempi di percorrenza e l'eliminazione delle perturbazioni all'immissione di Cerveteri.
- La carreggiata Nord della A12 tra Torrionietra e Cerveteri vede una drastica riduzione delle perturbazioni nei pressi della diversione di Cerveteri grazie alla netta diminuzione degli accodamenti all'intersezione con la SP4a riqualificata tramite una rotatoria e dotata di due shunt.

Figura 10-1. Carreggiata Sud - Confronto scenario base vs progettuale: tempi di percorrenza

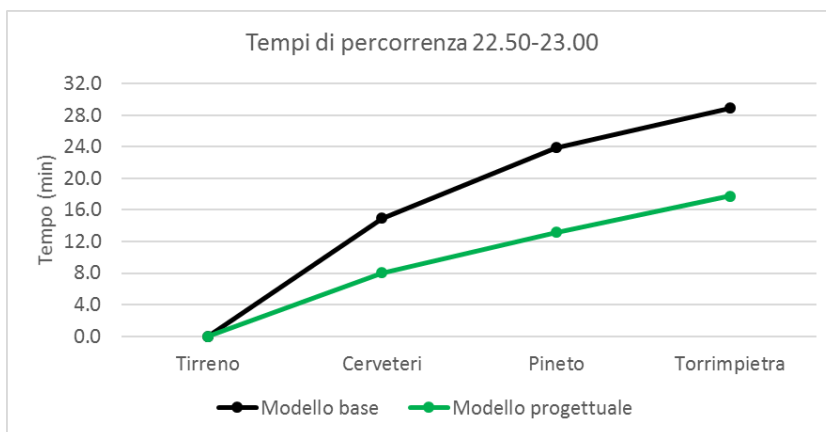
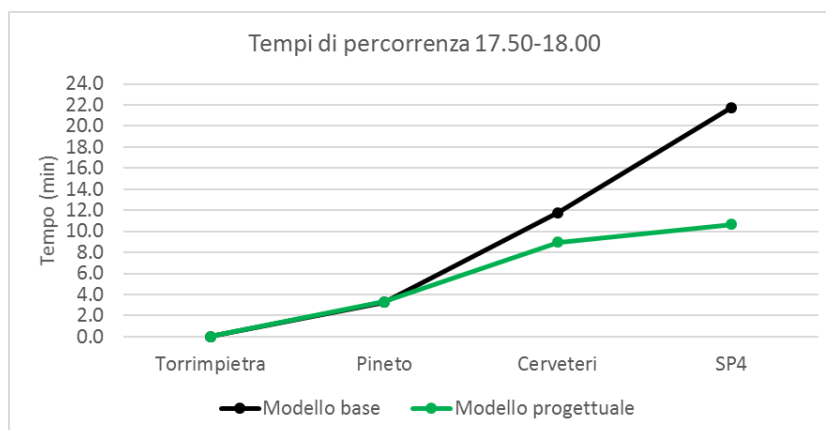


Figura 10-2. Carreggiata Nord - Confronto scenario base vs progettuale: tempi di percorrenza



Il confronto tra gli scenari programmatici e progettuati futuri (2022 e 2032), nei quali è stata incrementata la domanda di traffico, consente di evidenziare i benefici apportati dalla soluzione progettuale rispetto allo scenario di non intervento per gli orizzonti temporali considerati:

- lungo la carreggiata Sud la corsia aggiuntiva consente, anche in futuro, il mantenimento di velocità di percorrenza prossime al limite di 110 km/h per quasi tutta la tratta compresa tra Cerveteri e Torrionietra, con notevoli benefici rispetto agli scenari di non intervento;
- lungo la carreggiata Nord, l'introduzione della rotatoria di progetto consente di limitare i rallentamenti sulla carreggiata anche in presenza di notevoli aumenti di domanda; gli scenari programmatici futuri evidenziano un drastico peggioramento delle condizioni di circolazione senza la realizzazione degli interventi progettuati.

A valle delle analisi effettuate è stato quindi possibile individuare un periodo in cui, in ragione dei carichi di traffico, vi sia la opportunità di utilizzare la corsia aggiuntiva in carreggiata sud, circoscrivibile indicativamente tra i mesi di maggio e di ottobre, verosimilmente con una concentrazione di tale utilizzo nei weekend e nei ponti festivi.

Al di là degli scenari di apertura della corsia aggiuntiva, ipotizzati nel presente progetto allo scopo di individuare le condizioni di utilizzo più probabili dell'infrastruttura, data l'origine anche comportamentale del fenomeno di congestione, sarà comunque lasciata libertà operativa al gestore in merito alle modalità effettive di impiego della corsia aggiuntiva, sulla base anche delle specifiche necessità contingenti legate al traffico.

Figura 10-3. Carreggiata Sud: confronto scenario programmatico vs progettuale 2022: velocità

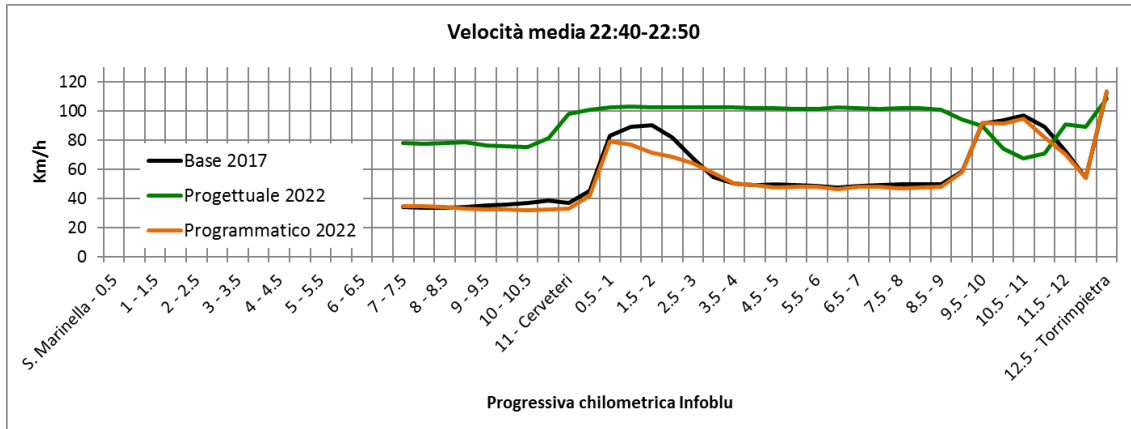


Figura 10-4. Carreggiata Sud: confronto scenario programmatico vs progettuale 2032: velocità

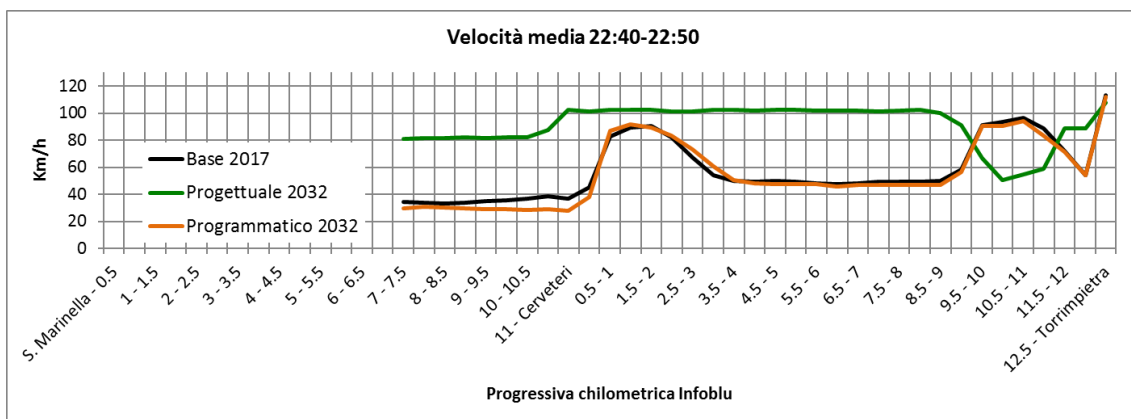


Figura 10-5. Carreggiata Nord: confronto scenario programmatico vs progettuale 2022: velocità

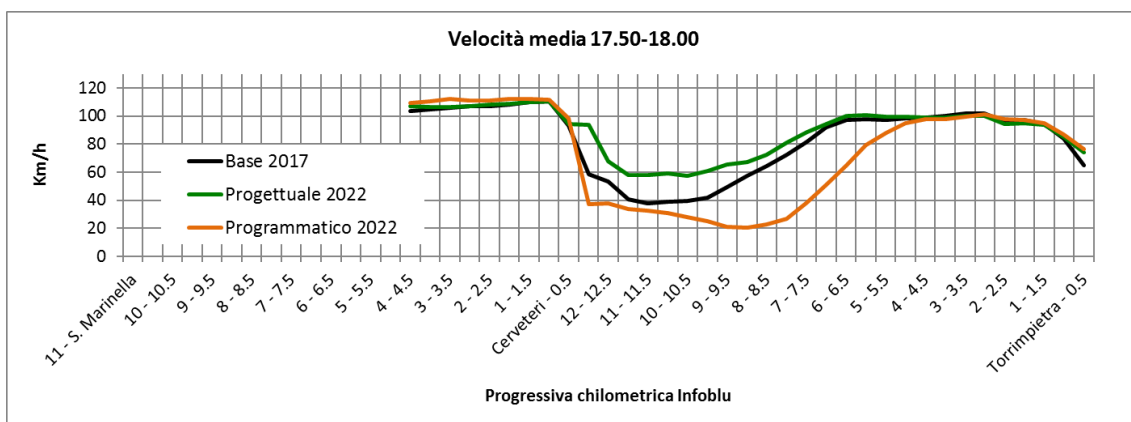
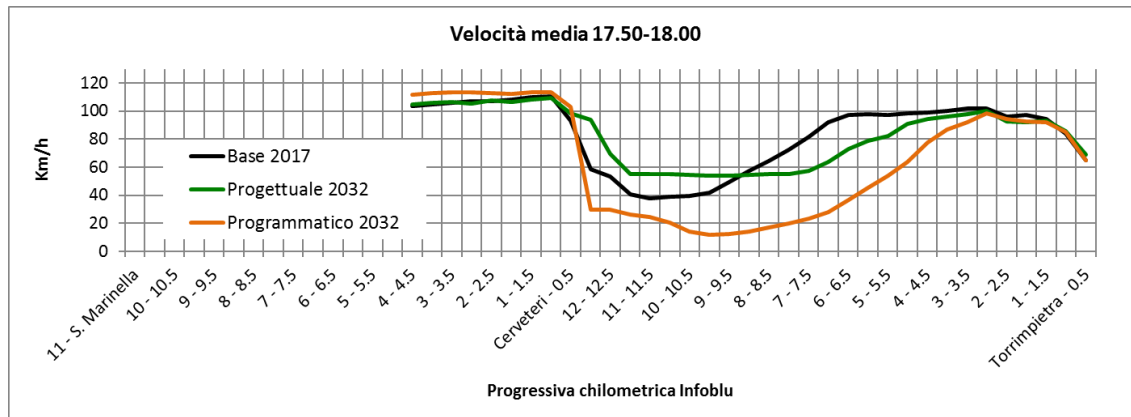


Figura 10-6. Carreggiata Nord: confronto scenario programmatico vs progettuale 2032: velocità



10.2 CONSIDERAZIONI FINALI

Come emerge dalla relazione trasportistica, i fenomeni di congestione riscontrabili sulla tratta in esame sono connotati da una forte stagionalità e concentrati in particolari fasce orarie dei week end estivi e in giornate singolari dell'anno (ponti, esodi ecc.).

Tali caratteristiche del traffico hanno reso necessaria un'analisi trasportistica più dettagliata rispetto alle simulazioni modellistiche "macro" che usualmente vengono utilizzate per l'analisi di fenomeni che si presentano con una certa ricorrenza periodica nelle ore di punta dei giorni feriali dell'anno.

Nel caso specifico, la necessità di risolvere delle problematiche connesse a giornate atipiche in cui la sovrapposizione di flussi di traffico pendolare e vacanziero (come ad es. durante i venerdì sera estivi) sovrverte le dinamiche tipiche dei giorni feriali di questa tratta autostradale, ha indotto il progettista ad una riflessione su quale fosse il metodo migliore per analizzare i fenomeni, individuarne le cause e valutare le possibili soluzioni. A tal fine ci si è orientati verso tecniche di Floating Car Data basate sul posizionamento e tracciamento dei veicoli tramite GPS, unitamente a banche dati di velocità di Infoblu e a video registrati ad hoc durante i periodi critici.

Il valore aggiunto di questo tipo di approccio modellistico ha portato ad un'analisi mirata i cui risultati dimostrano come gli interventi progettati, di tipologia differente in Nord e in Sud, siano in grado di risolvere le criticità riscontrabili attualmente.

Come emerge dai risultati graficizzati, in carreggiata Nord i rallentamenti e gli accodamenti si verificano in una fascia temporale ridotta rispetto a quella che interessa la carreggiata Sud; le soluzioni progettuali, sebbene di entità differente tra carreggiata Sud e Nord, sono equilibrate rispetto alle relative problematiche e le variazioni di velocità che genera il progetto inducono in carreggiata Nord comunque diminuzioni dei tempi di percorrenza più che significative.

Infine, sembra importante sottolineare, che la scelta delle soluzioni è stata indirizzata anche dalla volontà di realizzare interventi in ogni caso compatibili con possibili ottimizzazioni/implementazioni, tanto in carreggiata Sud che in carreggiata Nord, che potrebbero rendersi utili per venire incontro a mutamenti trasportistici ad oggi non prevedibili.