

Stima delle matrici OD per la regione Puglia

Inquadramento generale, metodologia di stima, risultati

consegna finale– ver.2

febbraio 2019

v2.0

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	IL PROBLEMA DELLA STIMA DELLA MATRICE OD.....	3
3	I DATI FCD	4
3.1	CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE RICAVATO DALLA BASE DATI FCD DISPONIBILE E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO.	4
4	MODALITÀ DI ELABORAZIONE DEI DATI FCD DISPONIBILI.	5
4.1	I DATI GREZZI	5
4.2	LA COSTRUZIONE DEL FILE “VIAGGI”	6
4.2.1	DATI QMAP	8
4.3	LA STIMA DEI “VIAGGI VEICOLO”	10
4.4	LA COSTRUZIONE DEL FILE “MATRICI OD (FLUSSI FCD)”	12
4.5	VALIDAZIONE DEL FILE VIAGGI.....	13
4.6	CRITERI E MODALITÀ DI ESPANSIONE DELLE MATRICI CAMPIONE ALL’UNIVERSO.....	15
4.7	VALIDAZIONE E CONTROLLO DELLA MATRICE	15
5	I DATI AUSILIARI	16
5.1	LE SEZIONI DI CONTEGGIO	16
5.2	I DATI SOCIOECONOMICI E DEMOGRAFICI.....	16
6	LA STIMA DELLA MATRICE OD	19
6.1	LA COSTRUZIONE DEL FILE “MATRICI OD (FLUSSI TOTALI STIMATI)”	19
6.2	LIVELLO DI ATTENDIBILITÀ DELLA MATRICE PRODOTTA A PARTIRE DAI DATI FCD	20
7	VERIFICHE PRELIMINARI DEI DATI DELLA REGIONE PUGLIA.....	22
7.1	PREMESSA.....	22
7.2	CONFRONTO NELLE ORE DEL GIORNO.....	23
7.3	CONFRONTO DELLA DOMANDA PER PROVINCIA	24
7.4	CONFRONTO ORIGINATI-DESTINATI.....	25
7.5	ANALISI DELLA SRUTTURA DELLA MATRICE OD	27
7.6	CONFRONTO ORIGINATI E – VEICOLI CIRCOLANTI.....	30
7.7	CONFRONTO DESTINATI ADDETTI	31
8	PROCEDURE OPERATIVE	32
8.1	PROCEDURA OPERATIVA PER LA COSTRUZIONE DEL FILE VIAGGI E DELLA MATRICE OD CAMPIONARIA	32
8.2	PROCEDURA OPERATIVA PER LA STIMA DEL NUMERO DI VEICOLI IN VIAGGIO	33
8.3	PROCEDURA OPERATIVA PER IL RIPORTO ALL’UNIVERSO E LA GENERAZIONE DELLE MATRICI OD FINALI.....	34

8.4	PROCEDURA OPERATIVA PER LA VERIFICA DEI FLUSSI OD (DA FCD) SULLE SEZIONI STRADALI MISURATE.....	34
9	APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA - MATRICI OD E ANALISI DEI RISULTATI.....	35
9.1	ANALISI PROFILI ORARI (CAMPIONE)	41
9.2	ANALISI ORIGINATI PER COMUNE (CAMPIONE).....	43
9.3	LE MATRICI	44
9.3.1	LE MATRICI GIORNALIERE DEL CAMPIONE	44
9.3.2	LE MATRICI FINALI RIPORTATE ALL'UNIVERSO (MEDIA FERIALE).....	46
9.4	LA VERIFICA DEI FLUSSI SULLE SEZIONI ANAS	47
9.4.1	I DATI DI TRAFFICO DELL'ANAS.....	48
9.4.2	IL CONFRONTO	54
10	LE MATRICI FINALI	59
11	NOTA SULL'INDAGINE 2014.....	64
12	ELENCO ELABORATI CONSEGNATI	65

1 INTRODUZIONE

Il presente documento ha il triplice obiettivo di:

- Descrivere la metodologia di stima della domanda (matrice OD) a partire da dati FCD.
- Descrivere la specifica tecnica per la implementazione della metodologia.
- Presentare i risultati relativamente alla produzione delle matrici OD

Nel capitolo 2 si richiamano le peculiarità del problema della stima delle matrici OD, mentre nel capitolo 3 si analizzano le caratteristiche dei dati FCD raccolti dai veicoli equipaggiati; nel capitolo 4 si descrivono le trasformazioni/elaborazioni cui i dati devono essere sottoposti; nel capitolo 5 si descrivono i dati ausiliari che sono necessari per effettuare la stima e nel capitolo 6 si descrive la metodologia di valutazione della attendibilità della matrice prodotta. Nel capitolo 7 si descrivono le analisi preliminari dei dati e nel capitolo 8 si descrivono le procedure operative per effettuare la stima, infine nel capitolo 9 si presentano i risultati relativi alle matrici OD campionarie ottenute.

2 IL PROBLEMA DELLA STIMA DELLA MATRICE OD

La stima delle matrici OD è storicamente effettuata o mediante indagini dirette su un campione di individui, (le percentuali di campionamento complessivo utilizzate sono intorno al 4%-5%, il campione è generalmente stratificato, utilizzando caratteristiche demografiche (sesso, età), ed è relativo a “zone” territoriali definite), a cui si chiede di descrivere i viaggi del giorno prima che sono poi rivalutati, ovvero “riportati all'universo” utilizzando come coefficiente moltiplicativo l'inverso del tasso di campionamento per strato e zona; oppure utilizzando il modello a 4 stadi in cui si stimano, prima i totali marginali della matrice con un modello di generazione/attrazione, quindi si distribuiscono i totali sulle singole celle della matrice con un modello di distribuzione (di tipo gravitazionale), ottenendo la matrice OD; ovviamente i modelli di generazione/attrazione e distribuzione hanno dei parametri di calibrazione che devono essere stimati a loro volta con indagini dirette.

Le matrici così stimate vengono poi corrette con una procedura matematica che opera modificando la matrice stessa in modo che una volta assegnata (con un modello di assegnazione calibrato) sia la meno lontana possibile dalla matrice da correggere e che riproduca anche il più fedelmente possibile i flussi di traffico su un insieme predefinito di archi stradali per i quali si sia proceduto alla misura dei flussi reali.

Grazie alla disponibilità dei dati da floating car FCD si può sostituire l'indagine campionaria sulla popolazione dei Viaggiatori che dichiarano i propri viaggi, con una indagine campionaria sui viaggi stessi, con un notevole incremento nella quantità e nella qualità delle informazioni, soprattutto perché i “viaggi” sono rilevabili contemporaneamente in una giornata e si possono mettere insieme più giornate per avere una ampiezza del campione superiore e quindi una maggior precisione e affidabilità statistica del risultato dell'“Indagine”.

Non si può tacere il problema della rappresentatività del campione FCD che generalmente proviene da flotte che hanno specificità abbastanza importanti; sono infatti flotte “assicurative” o “commerciali” o “long term rental”, ciascuna delle quali ha caratteristiche peculiari nei comportamenti degli utenti che difficilmente riescono quindi a rappresentare in modo completo tutti i comportamenti dell'intera popolazione di utenti. I risultati quindi devono

essere analizzati e considerati avendo ben presente quali sono i limiti del campione utilizzato.

La matrice ottenuta potrà poi peraltro essere corretta matematicamente con la stessa procedura di cui si è detto in precedenza.

Attualmente con i dati a disposizione di QMAP il tasso di campionamento lordo, superiore al 9%, è comunque più del doppio di quello utilizzato nelle indagini presso i viaggiatori.

Nei capitoli che seguono si illustra la metodologia messa a punto per effettuare la stima delle matrici OD a partire dai dati FCD.

3 I DATI FCD

Operativamente l'attività di stima della Matrice inizia con la estrazione dei dati dei "Viaggi" FCD contenuti nelle "tracce". Le "tracce" sono le sequenze di posizioni che un veicolo raccoglie e trasmette da un evento iniziale (key-on o inizio invio dati) a uno finale (key-off o fine invio dati per mancanza segnale).

Nel caso specifico dei dati QMAP non è possibile conoscere l'ID veicolo (regole imposte dai providers) pertanto le "tracce" hanno ID che sono generati dinamicamente sulla base degli eventi rilevati dalla black.box installata a bordo del veicolo e precedentemente ricordati.

Una volta estratti i singoli viaggi all'interno delle "tracce" è poi necessario rielaborarli per ricostruire le "sequenze" che presumibilmente fanno riferimento ad uno stesso veicolo in modo da poter assegnare ai singoli viaggi anche un codice Veicolo univoco.

Una volta noti i viaggi OD sarà semplice costruire la matrice OD del campione di viaggi, mentre per avere le matrici della "popolazione" sarà necessario operare un "riporto all'universo" dei dati campionari.

3.1 CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE RICAIVATO DALLA BASE DATI FCD DISPONIBILE E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO.

QMap utilizza i Floating Car Data di Infoblu S.p.A. Società del Gruppo Atlantia e soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Autostrade per l'Italia, resi disponibili sulla base di un accordo quadro.

Infoblu è il leader nazionale assoluto per quanto concerne la disponibilità di punti GPS derivati da black box installate su veicoli. Nella sua compagine societaria è compresa OctoTelematics, che detiene il 25% di quota e rende disponibili i dati di posizione di oltre 3 milioni di veicoli. posizioni definite dal toponimo della strada e dalla progressiva chilometrica, In questo set di dati sono disponibili solo le posizioni che appartengono alle strade presenti nel TMC nazionale e conseguentemente anche le tracce sono disponibili solo per la parte che si sviluppa sulla rete stradale rappresentata nel TMC nazionale.

Infoblu, sulla base di accordi commerciali, raccoglie ulteriori dati GPS (che indicheremo come dati QMAP) derivanti da autovetture destinate al trasporto privato e da flotte commerciali. Questo le consente di disporre della più consistente flotta di veicoli dotati di black box con relativi dati GPS.

La flotta monitorata complessiva è:

- Superiore al 9% del parco veicoli circolante sul territorio nazionale.

- Omogeneamente distribuita in tutte le regioni d'Italia per rispondere ad un'istanza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti: rappresentazione del traffico veicolare su tutto il territorio nazionale con aggiornamenti ogni 3 minuti con dettaglio strada a 500 mt.

4 MODALITÀ DI ELABORAZIONE DEI DATI FCD DISPONIBILI.

Nei prossimi paragrafi si forniscono i dettagli delle elaborazioni necessarie per implementare il processo che parte dalla acquisizione delle posizioni e arriva alla matrice OD.

4.1 I DATI GREZZI

I dati FCD raccolti dalle black-box e resi disponibili in file formato csv si riferiscono a singole posizioni (campioni) relativi ai viaggi dei veicoli equipaggiati; ogni riga del file csv contiene le informazioni su un punto e sulla "traccia" cui appartiene (sequenza di posizioni relative al veicolo che ha la black-box):

Le posizioni sono organizzate in sequenze (tracce) definite da key-on/key-off o ripresa localizzazione/persa localizzazione. In generale una traccia può contenere più viaggi Origine-destinazione (caso tipico è l'accompagnamento di un passeggero che scende senza che il conducente spenga il motore e generi quindi un evento di key-off, o il tour di consegne di un veicolo commerciale).

I dati relativi alle singole posizioni sono raccolti e archiviati in file csv con record contenenti le seguenti informazioni:

- path_id - identificativo univoco della traccia di cui il punto fa parte (stringa Alfanumerica)
- gps_time - il timestamp di rilevamento del punto
- latitude - latitudine del punto GPS
- longitude - longitudine del punto GPS
- speed_kmh - velocità in km/h nell'istante di rilevamento
- heading - orientamento in gradi rispetto all'est geografico in senso antiorario (e.g. Est = 0, Nord = 90)
- odometer - valore del contachilometri al rilevamento (ove fornito, altrimenti valorizzato a -1)
- pnt_type - tipologia di punto relativamente alla traccia. I valori possibili sono 'B' per il punto iniziale della traccia, 'I' per i punti interni e 'E' per il punto finale della traccia. Nel caso in cui la traccia non presenti un punto di tipo E significa che la traccia si è chiusa in modo anomalo (mancanza segnale GPS, malfunzionamenti). Alla ripresa del segnale il path_id viene ridefinito e quindi si perde l'informazione sull'effettivo "viaggio" del veicolo FCD.

4.2 LA COSTRUZIONE DEL FILE “VIAGGI”

I dati così raccolti devono essere elaborati aggiungendo anche alcune informazioni e costruendo un nuovo file che contiene i “viaggi” che hanno anche solo una parte di essi all’interno della area di studio.

Operativamente si procede selezionando ed estraendo i record relativi a una porzione rettangolare di territorio che contiene interamente l’area di studio (con un “franco” di una decina di km in modo da essere sicuri (al 99%) di avere almeno un punto esterno per le tracce che eventualmente attraversano il confine dell’area di studio).

Quindi i record delle posizioni si completano con le seguenti informazioni:

- path_type - indica il tipo di traccia: vale ‘P’ quando la traccia attraversa il territorio dell’area di studio, ‘I’ quando la traccia è interna all’area di studio.
- pnt_internal - booleano, indica se il punto è interno al territorio dell’ area di studio. (f=falso, t=vero)
- vheic_type = indica il tipo di veicolo (leggero, pesante, moto)
- “zone_ID” = indica la zona dell’area di studio in cui si trova il punto GPS (in genere un comune o una subarea del comune). Per poter effettuare la ricerca della zona è necessario avere lo “shape file” dei confini delle zone ¹.
- Comune_ID = codice ISTAT del comune cui appartiene la zona
- Provider_code = codice del provider dei dati

Il file delle posizioni così completato viene elaborato per ottenere il file “viaggi”.

Le regole per la costruzione dei viaggi partendo dalle sequenze di velocità delle posizioni relative alle tracce sono descritte nel seguito.

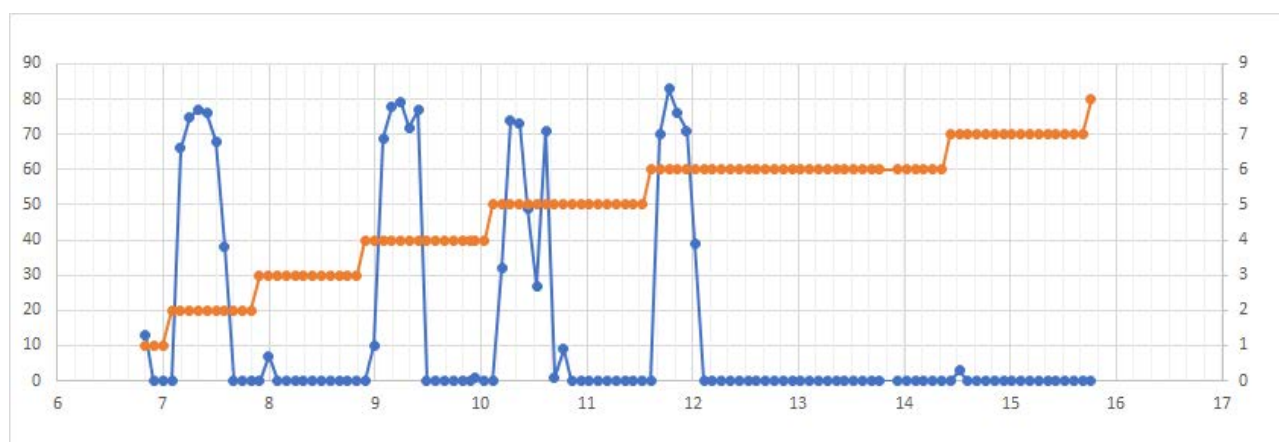
A titolo esemplificativo si riporta nella figura che segue un esempio di traccia unica che viene suddivisa in diversi “viaggi”. Si consideri che il campionamento nell’esempio avviene ogni 300 sec.

La regola prevede che si assegni un viaggio interno alla traccia quando la durata della sosta ($V \leq 1 \text{ km/h}$) è superiore alla soglia prefissata (nel nostro caso 9 min.=540 sec).

i viaggi hanno sempre la prima posizione con velocità = 0 e conservano la sosta finale sino a quando non comincia un nuovo viaggio.

In pratica si genera un nuovo viaggio quando la durata della sosta supera la soglia e il valore della velocità della traccia nel successivo campione è maggiore di 1.

¹ In generale le Aree di studio per le quali si vogliono generare le matrici OD sono o singole provincie o regioni e le zone sono quindi i comuni. Gli shape file dei confini comunali sono disponibili in rete. Nel caso ci siano zonizzazioni interne ai comuni allora gli shape files saranno forniti dal committente. Per la zonizzazione esterna all’area di studio (le cosiddette “direttrici di Ingresso/uscita) si considerano come zone i comuni confinanti, salvo che esista un shape-file dei confini delle singole zone-direttrice.



Nella figura in blu è il profilo di velocità della traccia (asse Y principale), mentre in rosso il numero d'ordine del viaggio (da 1 a 8, asse Y secondario).

A questo punto si può, a partire dal file delle posizioni, generare un file “viaggi” con le seguenti informazioni:

- Trip_ID: codice univoco del viaggio (path_ID concatenato con numero ordine del viaggio nella traccia)
- Num: numero d'ordine del viaggio nella tratta
- Count: numero di posizioni del viaggio
- Avg_speed: velocità media delle posizioni del viaggio
- St.dev speed: deviazione standard delle velocità delle posizioni del viaggio
- Min_speed: velocità minima delle posizioni del viaggio
- Max_speed: velocità massima delle posizioni del viaggio
- MinTime: valore minimo del tempo (start time)
- MaxTime: valore Massimo del tempo (end time)
- Dur [h:m:s]: durata del viaggio (MaxTime-MinTime)
- Dur [s]: idem
- Δt [s]: valore medio dell'intervallo fra le posizioni
- Min Δt [s]: valore minimo dell'intervallo fra le posizioni
- Max Δt [s]: valore massimo dell'intervallo fra le posizioni
- Vel_ini: velocità della prima posizione
- Vel_fin: velocità dell'Ultima posizione
- Stop_time (sec): durata delle soste
- Stima DL (m): interdistanza fra le posizioni ⁽²⁾
- Lat_start: latitudine del punto iniziale

² La formula utilizzata per determinare la distanza più breve tra due punti terrestri (geodetica), approssima il geoide a una sfera di raggio $R = 6372,795477598$ Km (raggio quadratico medio), quindi il calcolo della distanza potrebbe avere un errore dello 0.3%, in particolare nelle estremità polari, e per distanze lunghe che attraversano diversi paralleli. Dati due punti A e B sulla sfera espressi con la latitudine (lat) e longitudine (lon) si avrà: $distanza(A,B) = R * arccos(sin(latA) * sin(latB) + cos(latA) * cos(latB) * cos(lonA-lonB))$

La formula fornisce la distanza minima fra i due punti, è pertanto evidente che l'approssimazione sarà elevata se il campionamento delle posizioni è fitto (dell'ordine dei secondi), mentre potrà essere fortemente sottostimata quando il campionamento è dell'ordine dei minuti.

- Long_start: longitudine del punto iniziale
- Zone_start: identificativo zona di appartenenza del punto iniziale
- Lat_end: latitudine del punto finale
- Long_end: longitudine del punto finale
- Zone_end: identificativo zona di appartenenza del punto finale
- veh_type: tipo di veicolo.
- Provider_code: codice del provider dei dati FCD:

Il file viaggi così ottenuto viene sottoposto alla procedura di validazione.

Per le tracce vengono calcolati diversi “flag” di validità:

- Flag se la traccia ha “lacune”; vale 0 se c’è almeno una lacuna oltre la soglia (240 sec) e 1 se non ci sono lacune o sono di durata inferiore ai 240 sec.
- Flag di “verosimiglianza” della traccia: Il test verifica che i valori di velocità delle posizioni del viaggio siano ragionevoli, ovvero che quella massima sia superiore a una soglia minima (soglia 1) e quella minima sia inferiore ad una soglia massima (soglia 2). Soglia1 e Soglia 2 sono 2 valori di velocità “adequati” (valore utilizzato: soglia 1= 1, soglia2= 10).
- Flag di “ragionevole OD”: Questo flag è utilizzato per poter essere ragionevolmente sicuri che il viaggio sia effettivamente un viaggio OD. Per esserlo è necessario che, per i viaggi interni all’area di studio, il veicolo parta da fermo e arrivi a fermarsi, mentre per i viaggi in ingresso dovrà essere solo la velocità finale uguale a 0 e per quelli in uscita solo quella iniziale);
- sono poi stati introdotti ulteriori Flag che possono essere attivati o meno relativi alla durata e alla lunghezza; infatti movimenti di pochi secondi e/o di poche centinaia di metri non influenzano la struttura di OD che tipicamente contiene i movimenti da zona a zona (o comune a comune) e non quelle intrazonali.

I primi 2 flag sono obbligatori, mentre gli altri sono opzionali. In ogni caso se tutti i flag abilitati sono superiori a 1 la traccia è valida altrimenti no e verrà ignorata nel prosieguo del processo.

4.2.1 DATI QMAP

Per illustrare la metodologia con il supporto di dati reali si è utilizzato un campione di tracce relative ad una “provincia italiana” in modo da avere una numerosità del campione sufficientemente bassa da consentire elaborazioni veloci in excel.

Con riferimento ai dati della “provincia italiana” si hanno le seguenti distribuzioni statistiche relativamente alla lunghezza delle tracce, della frequenza di campionamento delle posizioni, della durata temporale e della velocità.

I dati qui di seguito si riferiscono a una giornata media di QMAP

Count	Frequenza	% cumulativa	% classe	media	Δt [s]	Frequenza	% cumulativa	% classe	media
1	5453	12,19%	12,2%	0,1	0	5453	12,19%	12,19%	0,0
10	21277	59,76%	47,6%	4,8	1	32	12,26%	0,07%	0,0
50	13234	89,35%	29,6%	14,8	2	1677	16,01%	3,75%	0,1
100	1914	93,63%	4,3%	4,3	5	1645	19,69%	3,68%	0,2
200	931	95,71%	2,1%	4,2	10	481	20,77%	1,08%	0,1
500	948	97,83%	2,1%	10,6	20	414	21,69%	0,93%	0,2
1000	627	99,24%	1,4%	14,0	30	454	22,71%	1,02%	0,3
Altro	342	100,00%	0,8%		60	12636	50,96%	28,25%	17,0
	44726			52,7	120	16446	87,73%	36,77%	44,1
					300	3875	96,39%	8,66%	26,0
					600	1587	99,94%	3,55%	21,3
					900	20	99,99%	0,04%	0,4
					1200	6	100,00%	0,01%	0,2
						44726		100,00%	109,8

[s]	Dur [h:m:s]	Frequenza	% cumulativa	% classe	media	Speed	Frequenza	% cumulativa	% classe	media
0	00:00:00	5453	12,19%	12%	0,0	0	6597	14,75%	33%	0,0
30	00:00:30	479	13,26%	1%	0,3	10	4424	24,64%	10%	1,0
60	00:01:00	528	14,44%	1%	0,7	20	6839	39,93%	15%	3,1
120	00:02:00	999	16,68%	2%	2,7	30	7192	56,01%	16%	4,8
300	00:05:00	7901	34,34%	18%	53,0	40	6544	70,64%	15%	5,9
600	00:10:00	9101	54,69%	20%	122,1	50	4669	81,08%	10%	5,2
900	00:15:00	5585	67,18%	12%	112,4	60	2983	87,75%	7%	4,0
1200	00:20:00	3418	74,82%	8%	91,7	70	1853	91,90%	4%	2,9
1800	00:30:00	3894	83,53%	9%	156,7	80	1208	94,60%	3%	2,2
2700	00:45:00	2860	89,92%	6%	172,7	90	1155	97,18%	3%	2,3
3600	01:00:00	1561	93,41%	3%	125,6	100	427	98,13%	1%	1,0
7200	02:00:00	2252	98,45%	5%	362,5	110	294	98,79%	1%	0,7
14400	04:00:00	503	99,57%	1%	161,9	120	259	99,37%	1%	0,7
21600	06:00:00	129	99,86%	0%	62,3	130	179	99,77%	0%	0,5
	Altro	63	100,00%	0%		140	84	99,96%	0%	0,3
					1424,7	Altro	19	100,00%	0%	34,5

Dai dati sopra riportati risulta che mediamente le “tracce” QMAP hanno 53 posizioni distanziate nel tempo mediamente di 109 secondi; con una durata complessiva di circa 1400 sec (23 min) e con una velocità media di 34,5 km/h.

La maggior parte delle tracce hanno intervalli di campionamento compresi tra 1 e 2 minuti (65%).

A fronte di 44726 tracce ricostruite (a partire dalle posizioni) 33791 (75,6%) sono valide e considerate “verosimili” secondo il test messo a punto per la validazione; il 12% delle tracce (5453) sono tracce monopunto, e un altro 12% (5453) sono tracce con campionamento delle posizioni oltre i 2 min. mentre poco meno del 4% sono oltre i 5 min.

La “provincia italiana” in questione ha una popolazione di 1.265.000 abitanti e un parco veicoli immatricolati come risulta dalla tabella che segue:

Auto	Motocicli	Autobus	Trasporti Merci	Veicoli Speciali	Trattori e Altri	Totale
761.196	118.793	1.347	104.838	19.208	3.736	1.009.118
75,4%	11,8%	0,1%	10,4%	1,9%	0,4%	100,0%

Il tasso di motorizzazione è pari quindi a 601 autovetture per 1000 abitanti.

Utilizzando il dato medio (da letteratura rapporto AUDIMOB 2014) dei viaggi per auto al giorno ($1,6^3$) si può stimare in prima approssimazione che i veicoli che producono le tracce QMAP valide (escluse le monopunto e quelle con intervalli di campionamento oltre i 5 min). siano circa $28338 / ((761196 + 104838) * 1,6)$. il 2,0% dei veicoli circolanti.

4.3 LA STIMA DEI “VIAGGI VEICOLO”

Il file “viaggi” precedentemente generato contiene quindi viaggi caratterizzati da una origine e una destinazione e per ciascun viaggio sono forniti dati relativi al viaggio stesso. In prima approssimazione la matrice OD del campione potrebbe essere generata a partire da questo file. I viaggi, non avendo il riferimento del veicolo che li compie, sono un puro campione delle relazioni OD.

E' però necessario avere l'informazione relativa al veicolo che effettua il viaggio per poter poi effettuare il riporto all'universo dei dati campionari (utilizzando il numero dei veicoli circolanti).

Si possono ricostruire le “probabili” sequenze dei viaggi che un veicolo ha fatto durante la singola giornata sfruttando le informazioni spazio-temporali dei viaggi stessi.

La procedura lavora concatenando le posizioni di arrivo e di ripartenza dei viaggi (stessa posizione geografica a meno di tolleranza (T) in opportuna finestra temporale).

La catena di spostamenti viene stimata facendo una analisi delle coordinate geografiche dei punti terminali e iniziali dei viaggi; in particolare si può considerare un intorno circolare di diametro dato, con il centro avente le coordinate terminali del viaggio, cercando quindi le coordinate di inizio dei viaggi in partenza nell'intorno stesso.

La tabella che segue riporta il risultato di analisi fatte per la giornata precedentemente indicata, analizzando tutte le tracce a disposizione, verificando quante di queste hanno nell'intorno del punto finale una o più tracce “agganciabili” a formare una sequenza di viaggi.

La valutazione è stata fatta per diverse dimensioni dell'“intorno” in cui effettuare la ricerca per concatenare i viaggi; da 1 cm a 1000 m.

Come si vede se l'intorno è di 1 cm il numero di tracce “agganciabili” è pari a poco più del 3% dei viaggi totali, mentre con 10 m si arriva al 35%, con 100m all'83% e con 1000 m la totalità dei viaggi potrebbe essere “concatenato”.

Con 10 m di intorno le tracce che trovano una sola possibilità di “aggancio” sono l'82% del totale, mentre nel 14% dei casi ci sono 2 possibilità.

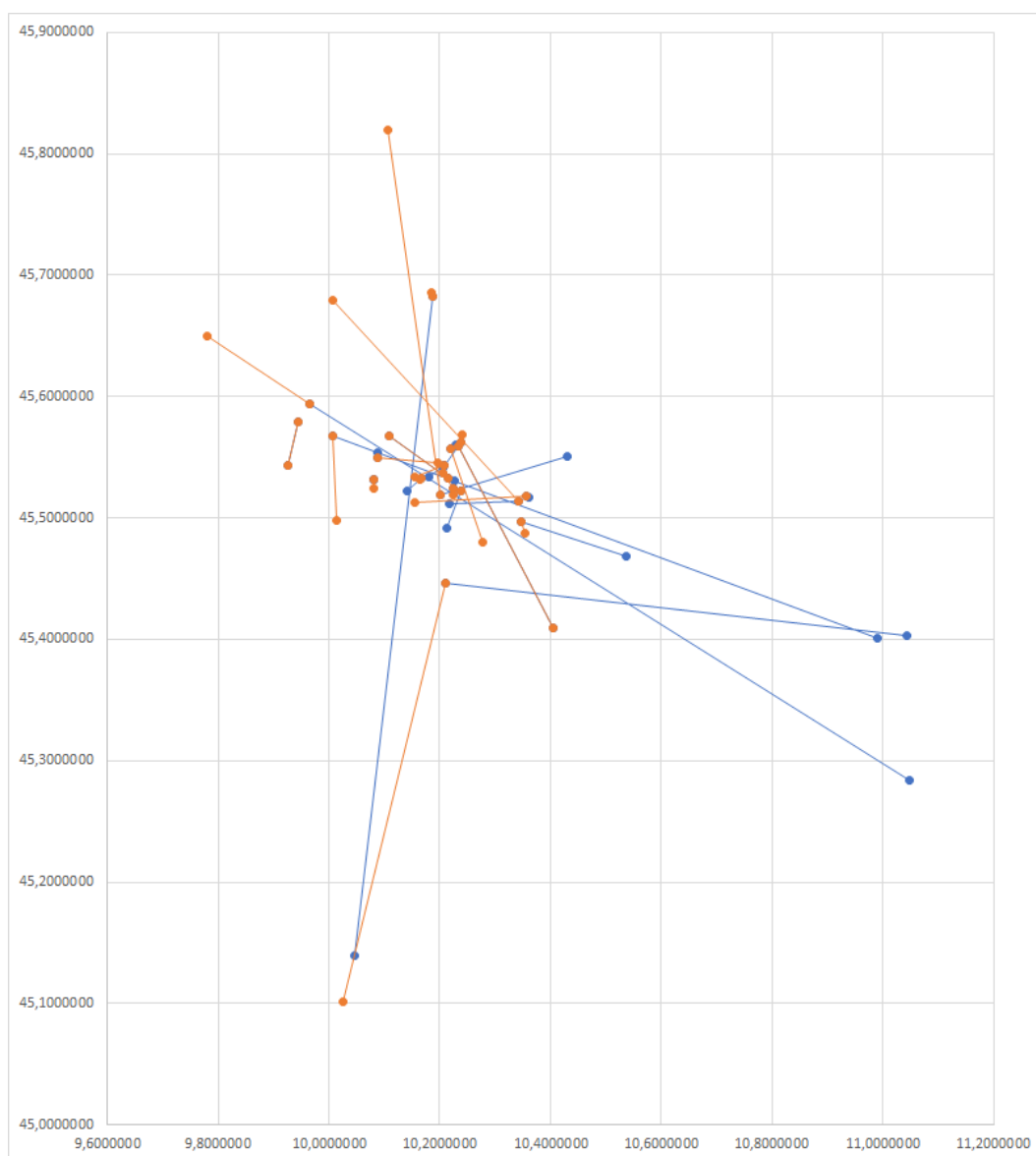
³ Il valore 1,6 è il risultato di elaborazione dei dati AUDIMOB (2014) che ha valutato la mobilità media pro-capite in 2,85 viaggi al giorno per persona “che si muove”. La Quota di popolazione che effettua almeno uno spostamento al giorno è di circa l'80% della popolazione totale e la quota modale per il traffico motorizzato privato è del 70% (10,5% MP, 15,9% piedi, 3,8% bici), quindi $2,85 * 0,8 * 0,7 = 1,6$.

intorno (m)--->	0,01	0,1	1	10	100	1000
% tracce in uscita nell'intorno (agganciabili)	3,1%	3,1%	4,8%	34,9%	86,2%	100,0%
# medio tracce in uscita nell'intorno per ogni traccia in arrivo	1,01	1,01	1,01	1,24	3,97	61,68
# tracce che si concatenano in uscita nell'intorno	1036	1037	1606	11662	28767	33369
incremento # tracce in uscita nell'intorno	1036	1	569	10056	17105	4602
# veicoli	32755	32754	32185	22129	5024	422
# medio viaggi per veicolo	1,03	1,03	1,05	1,53	6,73	80,07
# tracce in uscita nell'intorno						
1	1031	1032	1596	9561	7890	555
2	3	3	8	1633	6067	674
3	0	0	0	327	4247	482
4	2	2	2	104	2904	615
5	0	0	0	37	1989	526
percentuali						
1	99,5%	99,5%	99,4%	82,0%	27,4%	1,7%
2	0,3%	0,3%	0,5%	14,0%	21,1%	2,0%
3	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	14,8%	1,4%
4	0,2%	0,2%	0,1%	0,9%	10,1%	1,8%
5	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	6,9%	1,6%

Se si considera come adeguato e rappresentativo l'intorno di 10 m il numero di veicoli associabili alle tracce (33791) è dato dalla differenza fra il numero di tracce totali e quelle che sono concatenabili (11662), pertanto la stima del numero di veicoli è di 22129, che corrisponde a una utilizzazione dei veicoli per 1,53 viaggi al giorno, valore prossimo a quello di riferimento di 1,6.

Nella figura che segue si riportano nel piano Long-Lat le prime 20 relazioni OD concatenate per il caso dell'intorno di 1 cm, distinguendo in blu il primo viaggio e in arancione il secondo viaggio.

L'operazione di ricostruzione delle sequenze di viaggio è operazione possibile ancorchè complicata nella implementazione pratica, ma ha ovviamente dei limiti: non vi è nessuna garanzia che le sequenze ricostruite corrispondano a quelle reali.



4.4 LA COSTRUZIONE DEL FILE “MATRICI OD (FLUSSI FCD)”

Il successivo passaggio consiste nella costruzione del file della matrice OD relativa al campione di tracce FCD, a partire dalla elaborazione del file Viaggi vista precedentemente, che a seconda delle informazioni contenute consentirà diverse selezioni. La matrice potrà essere relativa a diversi intervalli temporali e tipologie di veicoli.

Il formato del file sarà:

- time_interval: intervallo temporale di riferimento, fascia oraria
- zone_O: indica il codice della zona di origine dei viaggi
- zone_D: indica il codice della zona di destinazione dei viaggi
- zone_O: indica il nome della zona di origine dei viaggi
- zone_D: indica il nome della zona di destinazione dei viaggi
- comune_O: indica il nome del comune di origine
- comune_D: indica il nome del comune destinazione
- provincia_O indica il nome della provincia di origine

- provincia_D indica il nome della provincia destinazione
- vheicle type : indica il tipo di veicolo
- n° veic in time interval: indic l'intensità del flusso di veicoli FCD da O a D nell'intervallo temporale.

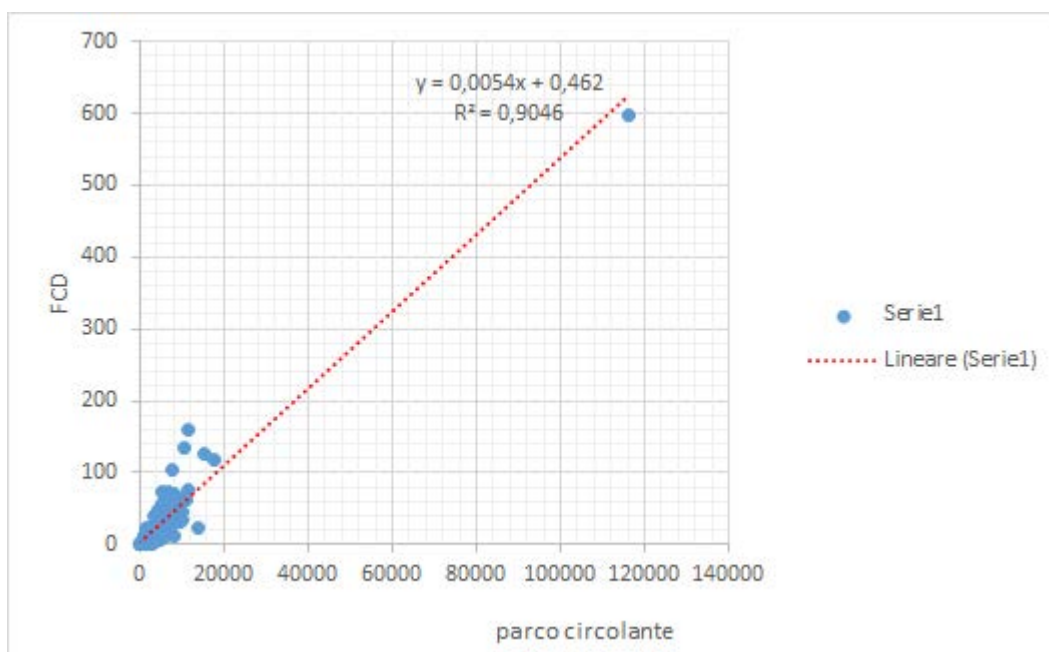
E' evidente che a partire da un file excel con il formato indicato, con semplici tabelle Pivot si possono costruire le matrici desiderate.

4.5 VALIDAZIONE DEL FILE VIAGGI

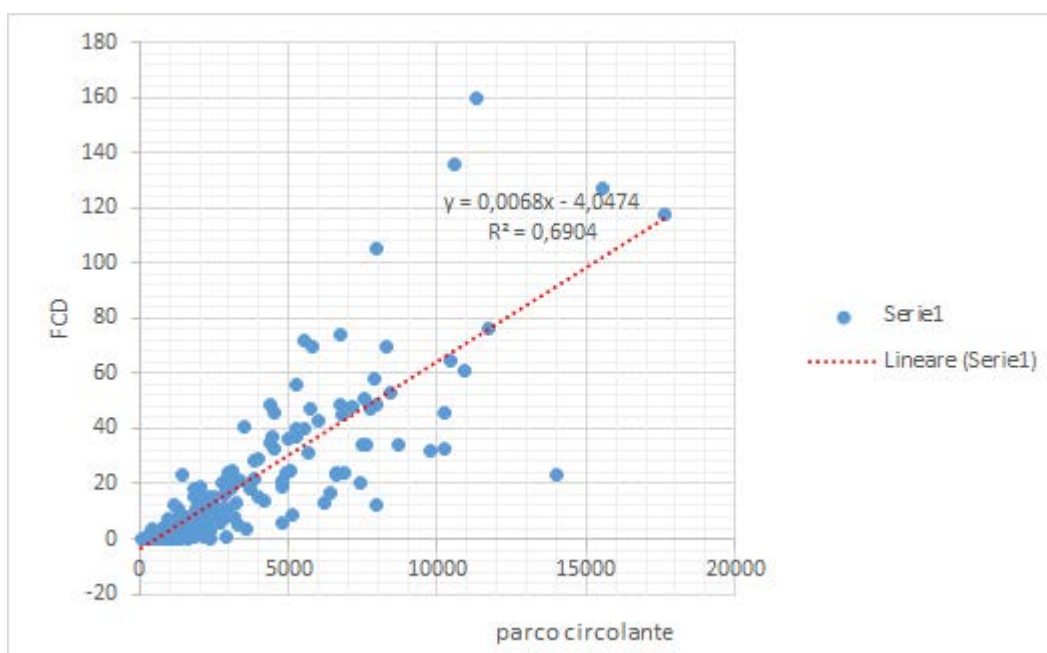
Prima di effettuare l'espansione all'universo dei dati OD da FCD è necessario "validare" i dati a disposizione.

Una prima verifica riguarda la correlazione fra il numero di viaggi che originano in una zona (comune interno all'area di studio) e il numero di veicoli "circolanti" per il comune stesso (fonte dati "parco circolante" ACI). Questa è una correlazione "attesa" nel senso che ci si aspetta che ci sia e che sia abbastanza elevata. Comunque, un indice di correlazione R^2 intorno al 70% è indice di una buona rappresentatività delle matrici OD che si potranno costruire.

Il grafico che segue riporta le correlazioni ottenute per la "provincia Italiana" considerando una giornata di dati FCD e valutando i viaggi in origine nelle fasce orarie 7-8 e 8-9 considerando veicoli leggeri e merci insieme.

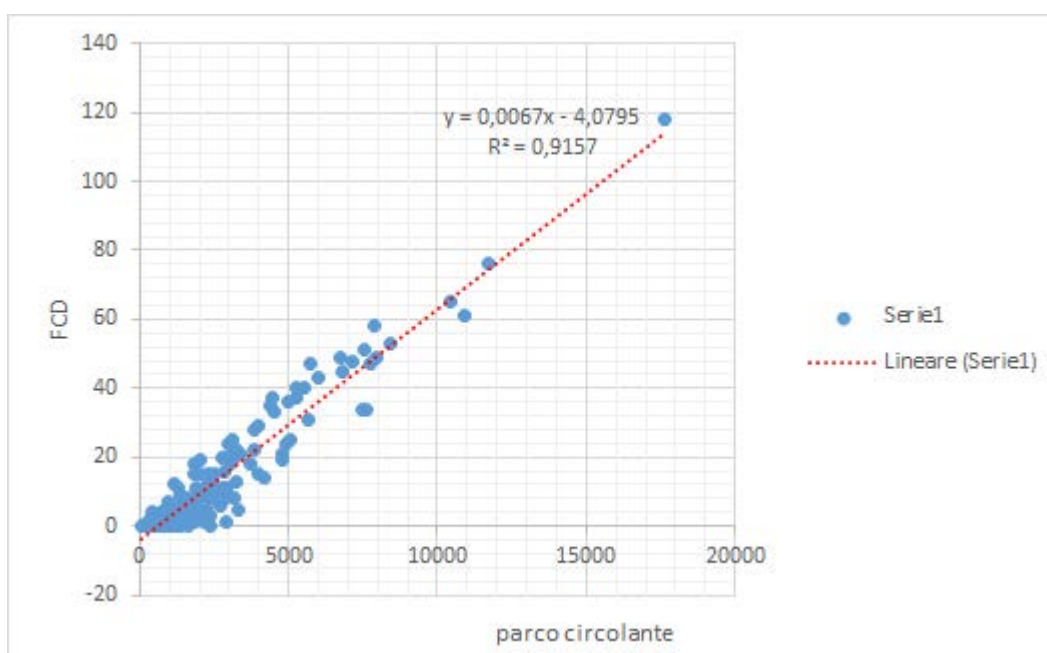


In questo caso la correlazione è più che buona, ma è "drogata" dalla presenza del dato del comune capoluogo della provincia che è, in termini di parco circolante, quasi 10 volte quelli degli altri comuni della provincia. Se si elimina il comune capoluogo la correlazione risulta come dal grafico che segue:



Vale però la pena di osservare che su 205 comuni (con valore medio degli originati FCD pari a 20 unità), ve ne sono il 16% che hanno uno scostamento, rispetto al modello di regressione di una sola unità, il 54% fino a 5 unità e l'80% fino a 10 unità e l'83% fino a 15 unità.

Considerando questo 83% la correlazione risulta come nel grafico che segue:



Ovvero per l'83% dei comuni la correlazione fra originati FCD e numero di veicoli circolanti è superiore al 90%, che possiamo considerare buona.

4.6 CRITERI E MODALITÀ DI ESPANSIONE DELLE MATRICI CAMPIONE ALL'UNIVERSO

Questa correlazione ci dice che il coefficiente di riporto all'universo potrà essere calcolato, una volta identificati i veicoli FCD come l'inverso del tasso di campionamento medio dei medesimi.

Il tasso di campionamento si calcola facendo il rapporto fra il numero dei veicoli campionati a livello dell'area di studio (numero stimato con la ricostruzione delle sequenze di viaggio nel file "viaggi veicoli" durante tutta la giornata), e il numero di veicoli circolanti (dato ACI) nell'area.

Un livello di dettaglio superiore si può avere considerando il campione stratificato in relazione al tipo di veicolo e alla zona di origine pertanto si potrà calcolare anziché un unico coefficiente di riporto per l'intera area, i coefficienti di riporto per ciascuna zona origine, anche se questa possibilità non è garanzia di una maggior precisione e deve quindi essere valutata con attenzione confrontando il risultato ottenuto con un unico coefficiente di riporto all'universo.

4.7 VALIDAZIONE E CONTROLLO DELLA MATRICE

E' quindi evidente che è necessario avere il modo di verificare la correttezza dell'operazione di riporto all'universo.

I coefficienti, unico o per singolo comune, sono calcolati ipotizzando che tutti i veicoli si muovano; è molto probabile che così non sia.

La metodologia che viene utilizzata per verificare la bontà e la rappresentatività dell'OD dei veicoli FCD è quella di "proiettare" o "assegnare" i flussi OD ottenuti dal riporto all'universo dei dati FCD su un set di sezioni stradali in cui si conosce, perché misurato, il flusso transitante (nelle ore e nella intera giornata). Per farlo si utilizza come modello di assegnazione proprio quello delle tracce dei veicoli FCD.

Sarà quindi necessario effettuare il conteggio su base oraria del numero di viaggi FCD riportati all'universo, che transitano sugli archi del grafo stradale (mappa).

I KPI per valutare la bontà della stima OD a partire da FCD saranno il MAEP e i RMSEP dei dati stimati rispetto a quelli misurati, nonché l' R^2 e i parametri intercetta e pendenza della retta di regressione.

Se i KPI risulteranno inferiori alle soglie di accettabilità, non si effettuerà alcuna "correzione", se invece saranno superiori si opererà la correzione con l'usuale tecnica già ricordata precedentemente. In particolare, si potrà correggere la matrice ottenuta con la procedura standard di "correzione matrice" (disponibile all'interno della suite di Modelli VISUM) usando il set delle sezioni stradali di cui si conosce il flusso misurato.

5 I DATI AUSILIARI

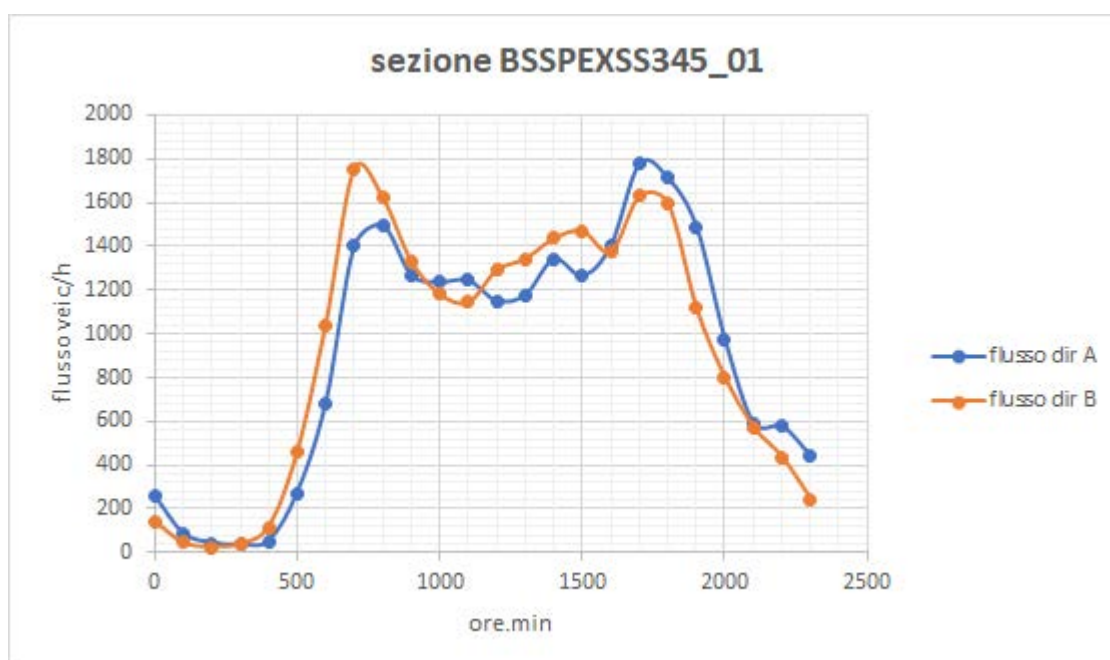
5.1 LE SEZIONI DI CONTEGGIO

Come precedentemente indicato per il controllo e la eventuale correzione della matrice è necessario un set di sezioni stradali per le quali sia noto il profilo orario, o sub-orario, del flusso di traffico, distinto per tipologia di veicolo

Le sezioni dovrebbero essere distribuite uniformemente lungo l'estesa della rete stradale. La quantità di sezioni necessarie per validare la matrice OD o per correggerla può essere valutata in modo approssimativo valutando l'interdistanza fra le sezioni e verificando che ragionevolmente riescano ad intercettare tutti i viaggi OD.

Tornando all'esempio della "provincia italiana" la sua rete stradale ha una estesa di 1212 km (130 autostrade, 46 di interesse nazionale, 1036 provinciale).

A titolo esemplificativo nella figura che segue si riporta l'andamento del flusso e della velocità in una sezione.



Nel caso della "provincia Italiana" in esame le sezioni con dati disponibili fornite dalla provincia sono 47. Quindi con una distribuzione media di una stazione ogni 25 km, che corrisponde a una densità di sezioni adeguata.

5.2 I DATI SOCIOECONOMICI E DEMOGRAFICI

Per effettuare il controllo della veridicità dei dati OD abbiamo visto che è opportuno verificare alcune caratteristiche che i dati OD devono avere.

Abbiamo visto che i dati relativi al parco circolante per Zona (comune) sono utilizzati per il riporto all'universo perché è evidente che la quantità di "viaggi" che escono da una zona è legata al numero di auto che in quella zona sono presenti.

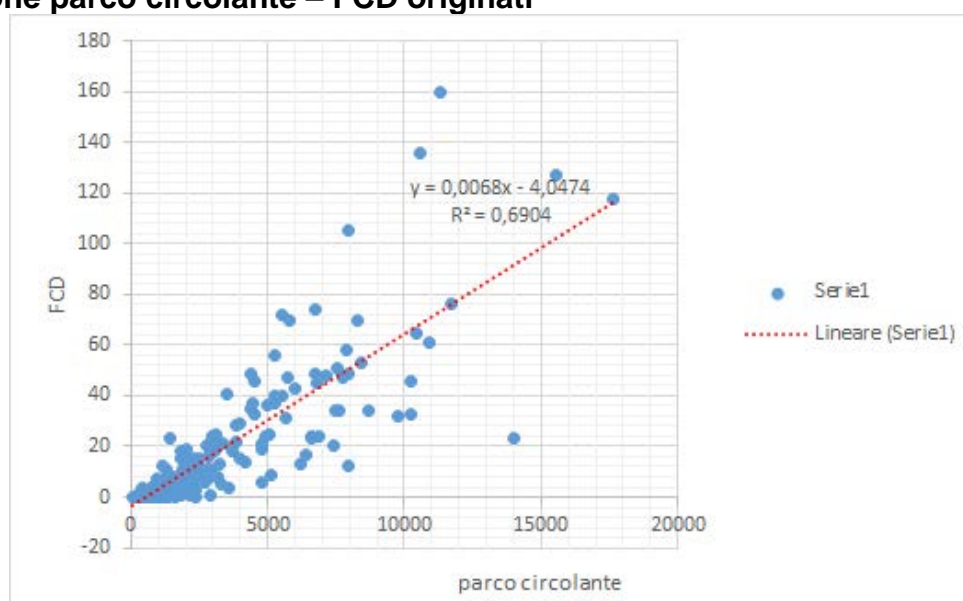
Ci sono anche altri dati che si utilizzano per verificare la "ragionevolezza dei dati OD": la popolazione e gli addetti. Per i primi ci si aspetta che i totali marginali delle righe della

matrice (viaggi veicoli originati) delle ore di punta abbiano una buona correlazione anche con la popolazione, mentre ci si aspetta che i totali marginali delle colonne della matrice (viaggi veicoli destinati) abbiano una buona correlazione con il numero di addetti per zona.

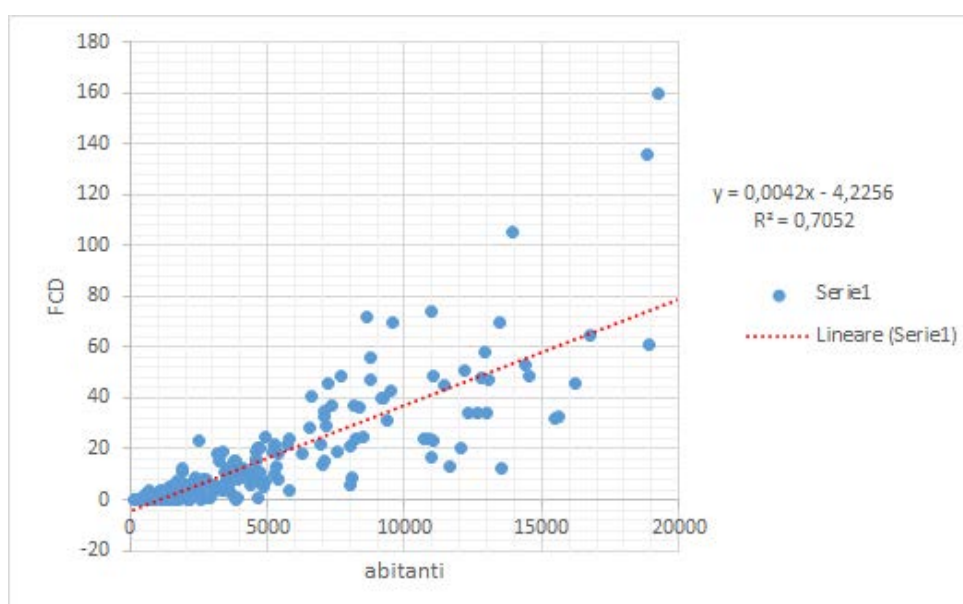
Questi dati sono generalmente disponibili presso le amministrazioni locali, sovente negli Open Data.

Nel caso della “provincia italiana” le correlazioni sono come risulta nei grafici che seguono. Nelle correlazioni è stato escluso il comune capoluogo in quanto la sua dimensione (196.000 abitanti e 116.000 auto) è 37 volte la dimensione media degli altri comuni della provincia (5.200 abitanti, 3.100 veicoli), generando un valore dell' R^2 troppo ottimistico, quindi considerando i comuni “normali” si ha la seguente correlazione, (che come è evidente è molto simile a quella precedentemente vista fra viaggi FCD e parco circolante).

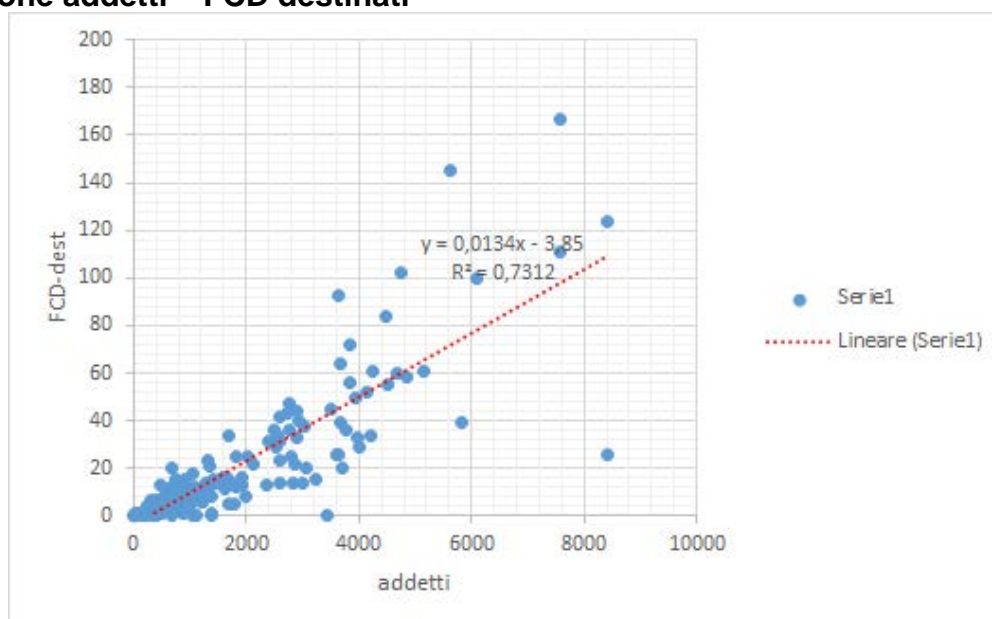
correlazione parco circolante – FCD originati



correlazione abitanti - FCD originati



correlazione addetti – FCD destinati

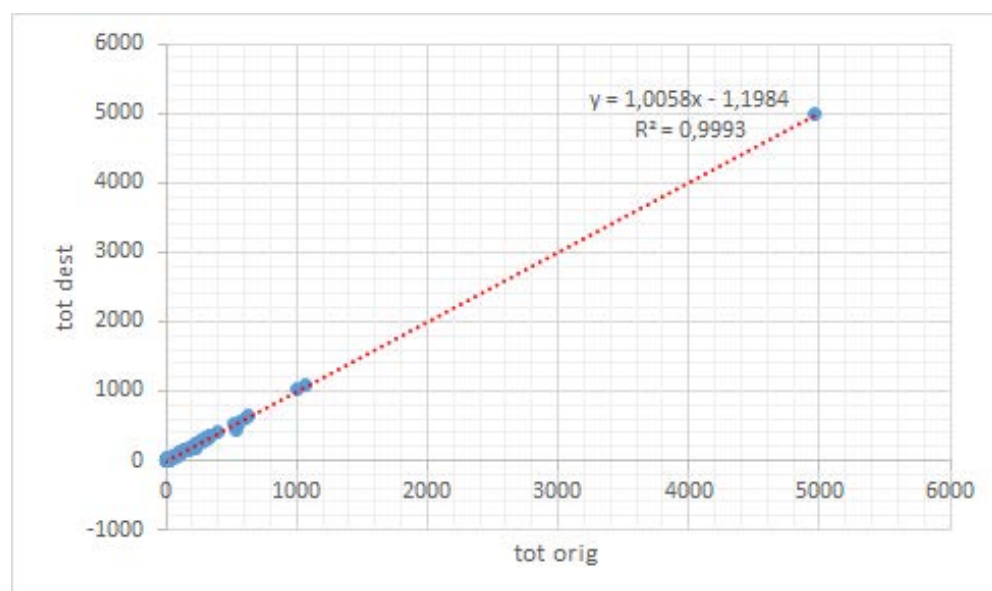


Come si vede le correlazioni si mantengono intorno al 70% che è un valore soddisfacente.

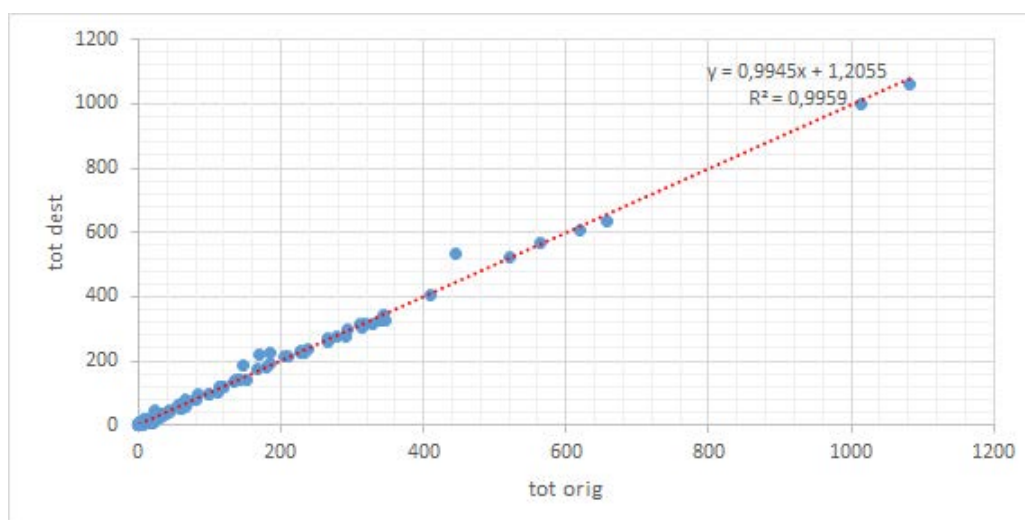
Se fossero disponibili altri dati a livello comunale, come il reddito o il PIL si potrebbero effettuare anche altre verifiche.

Un altro controllo di coerenza della matrice è il grado di simmetria della matrice 24 ore che può essere rappresentato dalla correlazione fra originati e destinati nelle 24 ore appunto, che ci si aspetta essere elevata.

Nel nostro caso di “provincia italiana” risulta come dal grafico che segue:

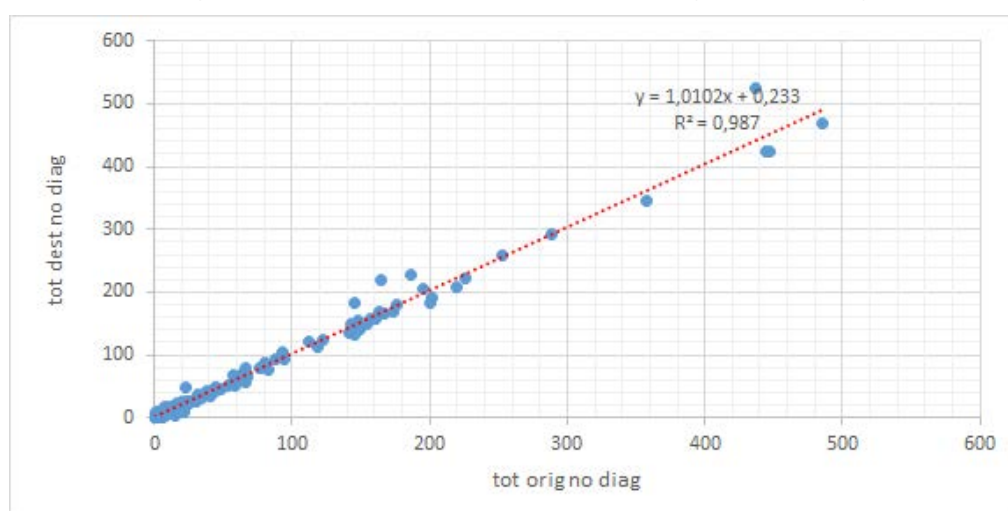


Considerando i soli valori inferiori a 1200, ovvero non considerando il valore del capoluogo, il grafico risulta come nella figura che segue.



Come si vede la correlazione è comunque elevatissima; sono poche le zone che hanno scostamenti superiori a qualche percento. Mediamente lo scostamento per zona è di 4,5 unità ovvero del 4,6% del valore medio degli originati/destinati per zona.

Questo fatto è certamente influenzato dalla presenza di una diagonale della matrice OD che pesa per il 44% del totale dei viaggi in matrice, ma se confrontiamo i valori dei totali marginali, senza la diagonale il risultato è illustrato nella figura che segue:



A conferma che i viaggi in una giornata sono abbastanza simmetrici, oltre ad essere sicuramente di prossimità (interni alle zone/comuni), ovvero vengono effettuati da origine a destinazione e viceversa.

6 LA STIMA DELLA MATRICE OD

6.1 LA COSTRUZIONE DEL FILE “MATRICI OD (FLUSSI TOTALI STIMATI)”

Una volta calcolati e verificati i coefficienti di riporto all'universo questi vengono riportati in coda ai record del file relativo alla matrice OD campionaria. In questo modo la valorizzazione del flusso OD sarà dato dal prodotto del flusso campionario per il coefficiente di riporto all'universo

In sostanza il file finale da cui potranno essere estratte le matrici desiderate avrà la seguente struttura:

- time_interval: intervallo temporale di riferimento, fascia oraria
- zone_O: indica il codice della zona di origine dei viaggi
- zone_D: indica il codice della zona di destinazione dei viaggi
- zone_O: indica il nome della zona di origine dei viaggi
- zone_D: indica il nome della zona di destinazione dei viaggi
- comune_O: indica il nome del comune di origine
- comune_D: indica il nome del comune destinazione
- provincia_O indica il nome della provincia di origine
- provincia_D indica il nome della provincia destinazione
- vehicle type : indica il tipo di veicolo
- n° veic in time interval: indica l'intensità del flusso di veicoli FCD da O a D nell'intervallo temporale.
- Coefficiente di riporto all'universo (per comune e tipo veicolo)
- n° veic totali stimati in time_interval: indica l'intensità del flusso di veicoli stimato da O a D nell'intervallo temporale.

6.2 LIVELLO DI ATTENDIBILITÀ DELLA MATRICE PRODOTTA A PARTIRE DAI DATI FCD

La valutazione della adeguatezza della quantità di dati provenienti da FCD si basa oltre che sull'indicatore descritto al punto precedente anche sulla valutazione statistica del campionamento facendo riferimento al campionamento da popolazioni dicotome finite, ovvero da popolazioni binomiali.

Le “due parti” della popolazione sono, nel nostro caso, i viaggi della singola relazione OD e tutti gli altri, oppure quelli che originano nel comune x o destinano nel comune y e quelli che originano, o destinano nel resto della regione.

Ciò che vogliamo calcolare in realtà è la percentuale di errore che possiamo accettare con la dimensione del campione che abbiamo a disposizione, imponendo che la probabilità di essere in errore (alfa) sia pari al 5% (e quindi che il livello di confidenza, pari a (1-alfa), sia del 95%).

E' peraltro evidente che a parità di campione l'errore che dobbiamo accettare sarà tanto più elevato quanto più piccolo sarà il valore della caratteristica che vogliamo rilevare.

Per utilizzare in modo efficace le formule che forniscono la dimensione del campione sono necessari alcuni dati. Serve conoscere la numerosità della popolazione dei viaggi (giornalieri) che si originano nella regione (popolazione da cui estrarre il campione) e la indichiamo con N. Questa informazione non è nota, ma possiamo stimarla dai dati di popolazione e di parco circolante applicando i coefficienti di “viaggi al giorno” il cui valore di riferimento può essere trovato nella letteratura specialistica.

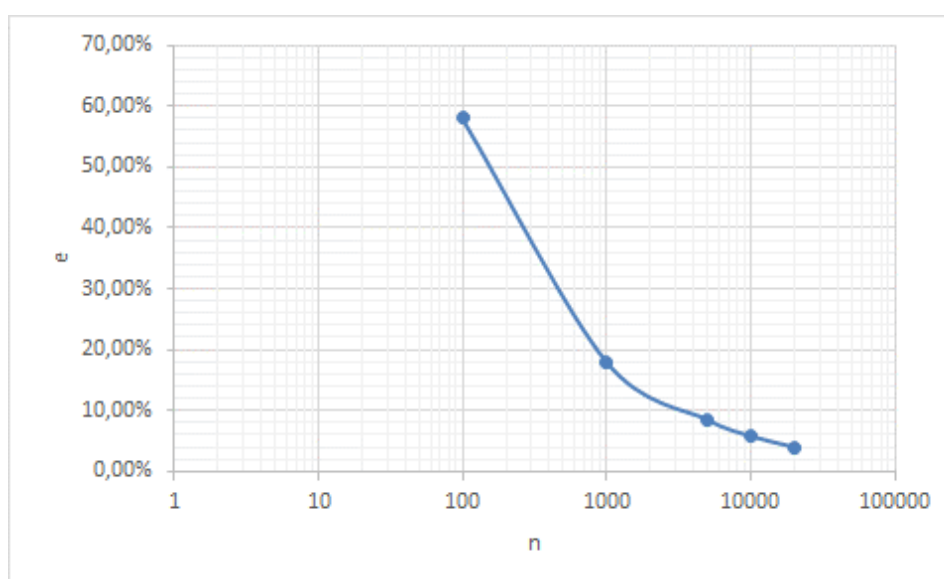
Nota la numerosità della popolazione (N) e fissato il valore (n), o la percentuale nella popolazione (P), della “caratteristica” (singola relazione OD o totali marginali della matrice

OD), e sapendo quale è la percentuale di campionamento (P_c) possiamo calcolare il livello di errore relativo (e) che possiamo raggiungere.

In realtà il valore di P a priori non è noto, si saprà a matrice stimata, quindi adesso possiamo fare una stima prendendo a riferimento i valori medi. Il grafico che segue riporta per diversi valori della “caratteristica” (n) l’errore relativo che deve essere accettato avendo ipotizzato una percentuale di campionamento del 10%.

Nel caso specifico la percentuale di campionamento “a consuntivo” è inferiore al 10%, ma non di molto e i valori medi dei totali marginali della matrice (la nostra “caratteristica”) sono intorno alle 850 unità.

Pertanto, il valore di errore da accettare si colloca mediamente intorno al 20% e sarà più piccolo per valori della caratteristica più elevati della media e più grande per valori della caratteristica inferiori alla media.



Oltre alla verifica di cui sopra, la metodologia messa a punto prevede anche di effettuare analisi di correlazione dei dati di mobilità con alcune variabili socioeconomiche e demografiche (come si vedrà nei successivi capitoli) per confrontarle con quelle di riferimento che si possono trovare in letteratura o ancora nella pratica professionale.

7 VERIFICHE PRELIMINARI DEI DATI DELLA REGIONE PUGLIA

7.1 PREMESSA

Una prima verifica/valutazione della matrice OD campionaria è stata condotta utilizzando i dati della giornata del 31/5/2018 estraendo un campione di poco più di 16000 viaggi, che si riduce a poco meno di 10000 dopo la fase di “validazione dei dati”.

La tabella che segue riporta la stima del tasso di campionamento (rispetto all’universo dei viaggi OD) relativo ai viaggi per il data set completo della giornata del 31/5/2018 e quello relativo alla estrazione di una traccia ogni 30 che ha prodotto un data set di 16000 tracce che è il “campione” utilizzato per le analisi.

	full data	sample 16000 tracce
viaggi FCD		
posizioni giornaliere	23.000.000,00	736.000,00
tracce giornaliere	489.000,00	16.300,00
viaggi giornalieri	504.648,00	16.821,60
%viaggi validi	60%	60%
viaggi validi	302.788,80	10.092,96
numero pos per viaggio	53,00	53,00
num posizioni valide FCD	16.047.806,40	534.926,88
num veicoli (stima)	189.243,00	6.308,10
viaggi in regione		
parco auto+merci	2.600.000,00	2.600.000,00
viaggi al giorno per veicolo	1,60	1,60
viaggi al giorno	4.160.000,00	4.160.000,00
perc campione	7,28%	0,24%

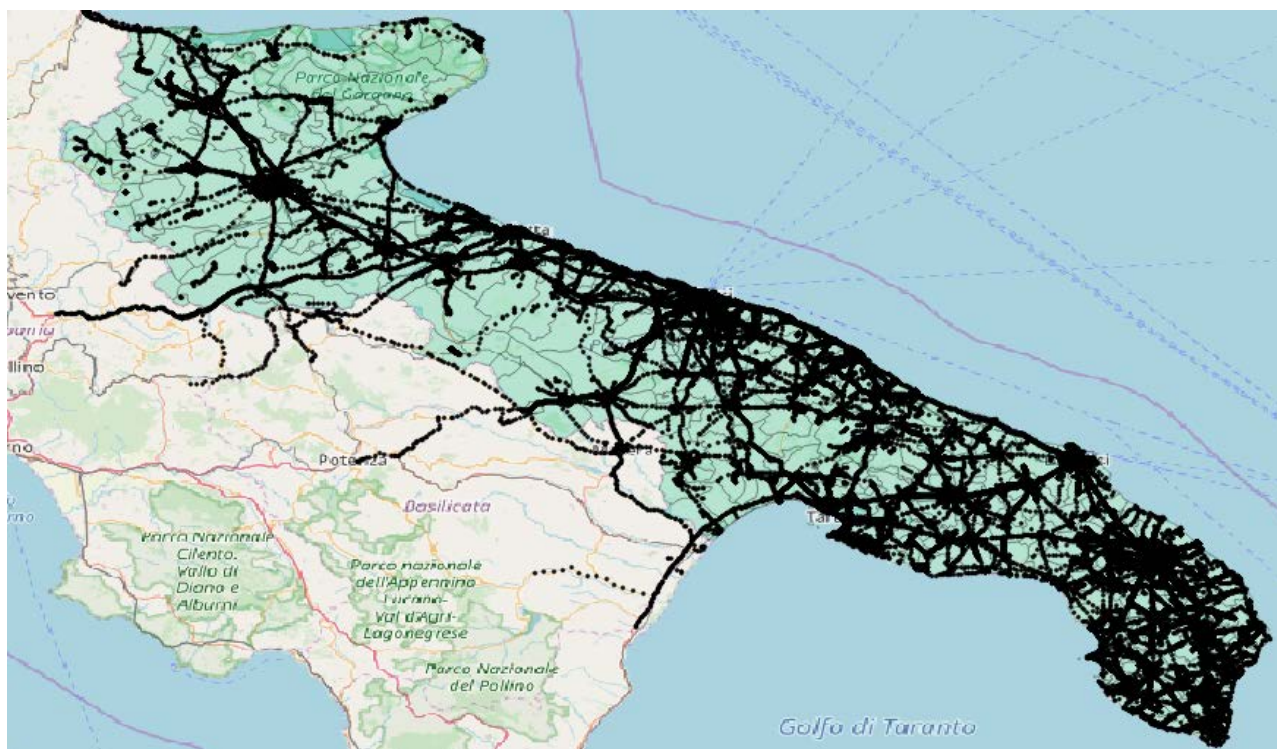
I dati di “% viaggi” e “numero posizioni per viaggio” sono ottenuti dalla analisi del campione di 16000 tracce, mentre il valore dei “viaggi al giorno per veicolo” è desunto dai dati del già citato rapporto AUDIMOB.

Se consideriamo che i 10.000 viaggi validi sono un campione del 3,3% dei viaggi giornalieri del 31/5/2018; e che i veicoli che li effettuano si possono stimare in ragione del 7,3% del parco circolante, significa che stiamo utilizzando un campione dei viaggi effettuati dai veicoli del parco che è dell’ordine dello 0,24%.

Ciò non di meno alcune verifiche possono essere fatte in particolare su valori medi di aggregazioni piuttosto cospicue, come ad esempio il totale dei viaggi nelle ore del giorno (24 valori), o il totale dei viaggi originati o destinati nelle province (6+6=12 valori). Per questi è possibile fare riferimento ai valori che possono essere desunti dai dati resi disponibili in sede di gara e dalla relazione di TPS relativa ad una indagine analoga effettuata nel 2014.

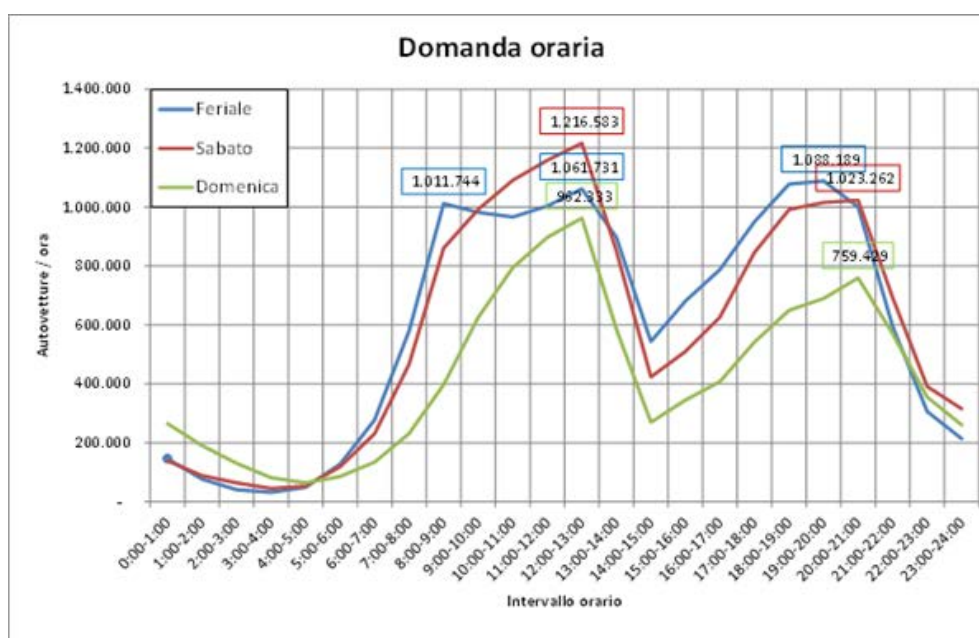
E’ comunque possibile verificare anche alcune caratteristiche macroscopiche della matrice OD come ad esempio la correlazione fra originati e destinati per comune nelle 24 ore o la correlazione degli originati per comune con il numero di autoveicoli circolanti o del totale delle destinazioni nelle ore di punta mattutine con il numero di addetti.

Nella figura che segue viene riportata la mappa delle “posizioni” relative ai 10000 viaggi validi.

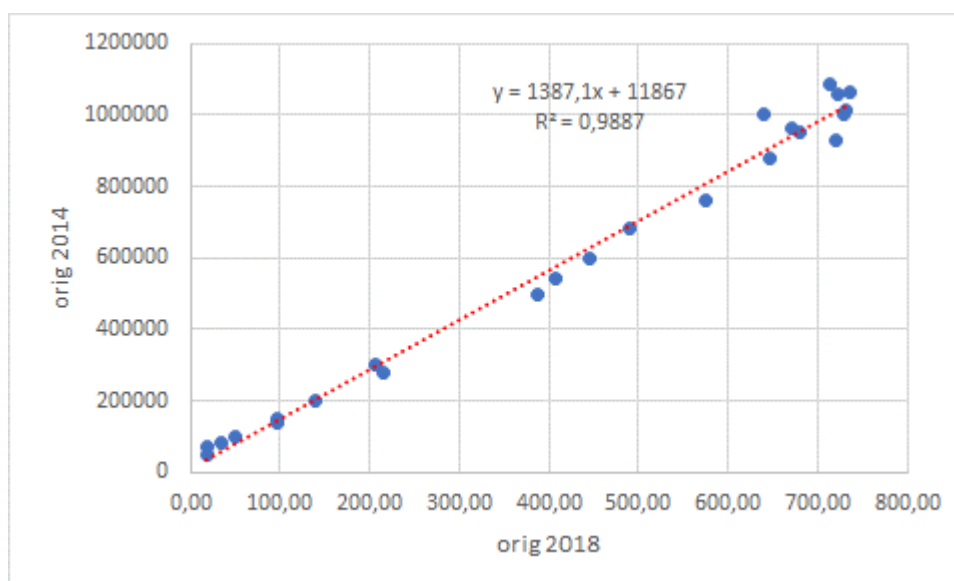


7.2 CONFRONTO NELLE ORE DEL GIORNO

Il primo confronto riguarda il “profilo” del numero di viaggi nelle ore della giornata. Il riferimento è l’andamento riportato nella relazione di TPS precedentemente citata e qui sotto riprodotto.

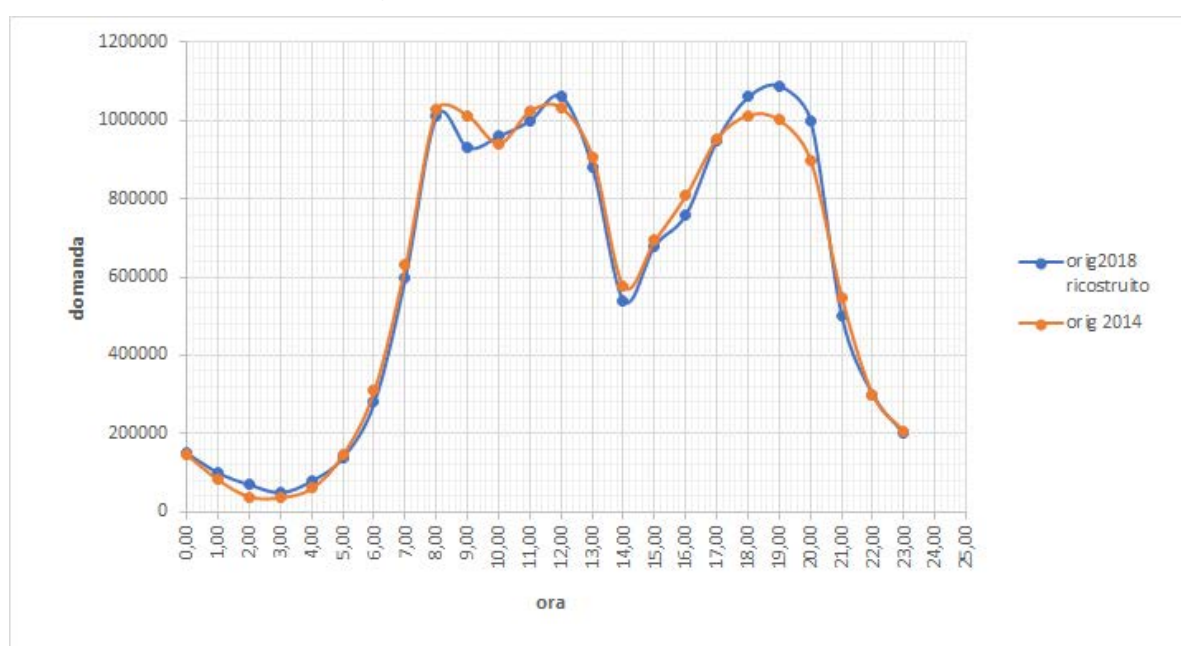


Il grafico seguente riporta la correlazione fra la domanda oraria (tot originati) desumibile dal nostro campione di 16000 viaggi (orig 2018) con quella desumibile del grafico precedente relativo al valore medio dei giorni feriali dal 3 maggio al 2 giugno 2014 (orig 2014).



La correlazione è elevatissima, sfiora il 99%. mentre il coefficiente angolare della retta di regressione ci dice che il rapporto fra i valori è pari a 1387.

La figura che segue riporta a confronto l'andamento orario delle due serie di dati, dove il dato 2018 (campionario) è stato ricostruito, in modo da avere i due profili sulla stessa scala, utilizzando la equazione di regressione precedentemente calcolata.

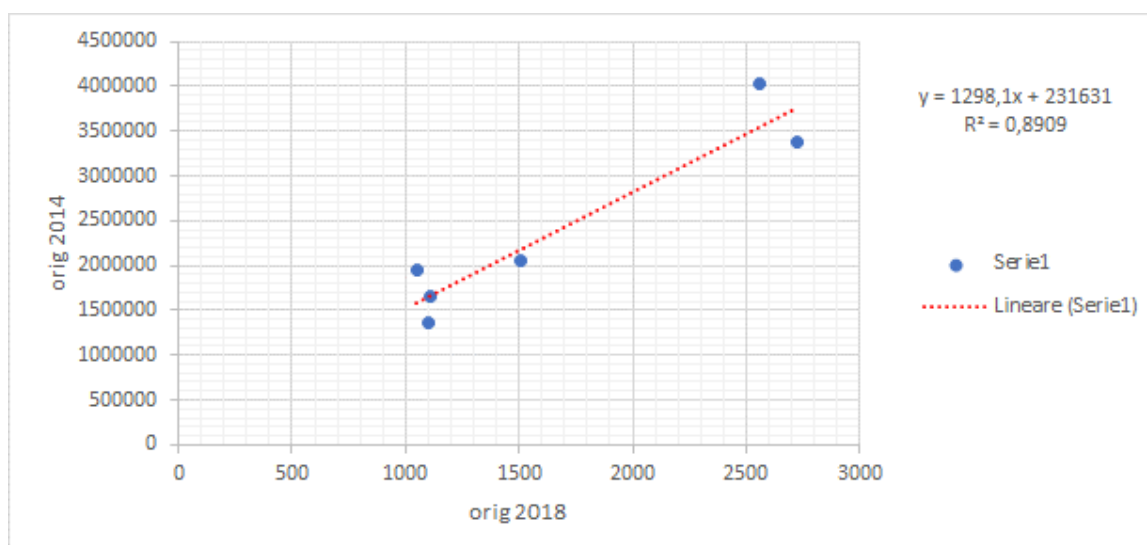


Come si vede l'andamento è ben riprodotto anche nelle quantità.

7.3 CONFRONTO DELLA DOMANDA PER PROVINCIA

Il secondo confronto che è stato fatto riguarda il totale della domanda giornaliera per provincia. Anche in questo caso si è analizzata la correlazione fra i dati, riportando poi alla stessa scala dei dati TPS i dati del campione del 2018 ed effettuando poi i confronti.

Nella figura che segue il grafico della regressione:



Anche in questo caso l' R^2 della regressione è abbastanza elevato 89%

Qui di seguito la tabella con il confronto fra i valori ricostruiti con il valore dell'errore assoluto.

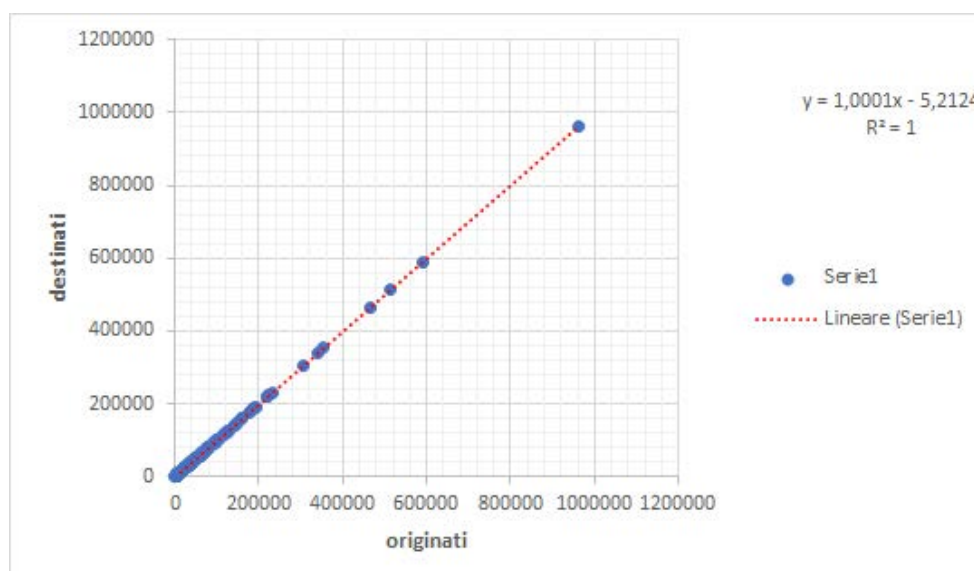
cod orovincia	provincia	2014	campione 2018	riporto Univ	errore Assoluto
71	Foggia	2058375	1506	2186570	6,2%
72	Bari	4030604	2556	3549575	11,9%
73	Taranto	1944036	1048	1592040	18,1%
74	Brindisi	1647399	1106	1667330	1,2%
75	Lecce	3386712	2728	3772848	11,4%
110	Barletta- Andria-Trani	1365113	1103	1663435	21,9%
tot		14432239	10047	14431797	11,8%

L'errore medio è di poco inferiore al 12% che considerando l'entità del campione utilizzato è da considerare più che buono.

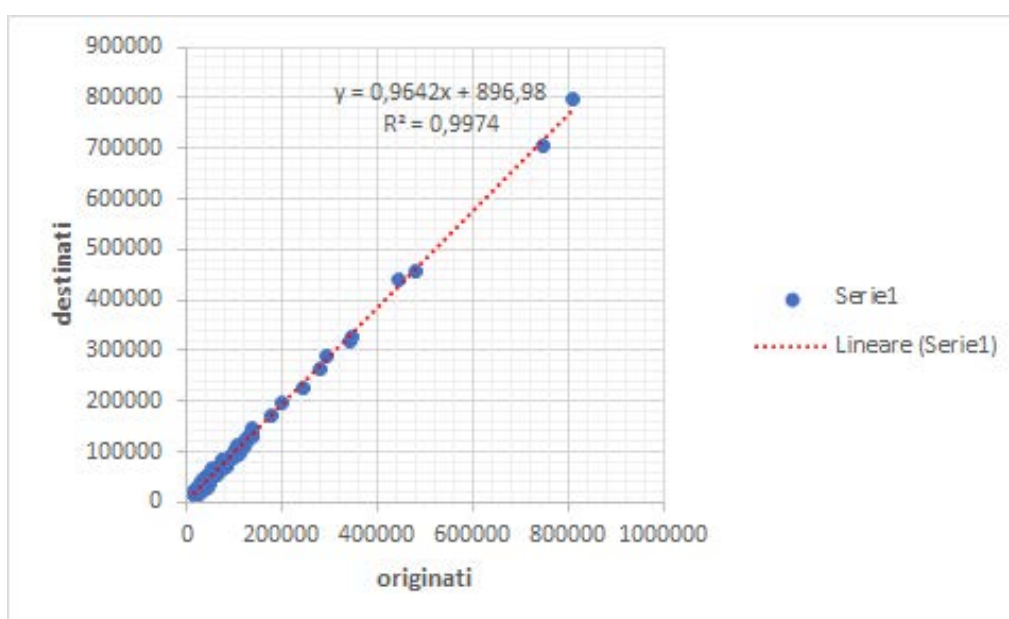
7.4 CONFRONTO ORIGINATI-DESTINATI

Un ulteriore confronto interessante è quello fra originati e destinati per comune nelle 24 ore. Generalmente questo confronto fatto in termini di correlazione rivela indici R^2 molto elevati a testimoniare che per ciascun viaggio da O a D ve ne è uno da D a O nell'arco delle 24 ore.

A conferma di ciò si riporta qui sotto la correlazione dei dati relativi alla matrice OD del 2014 (indagine TPS).



Mentre nel grafico qui sotto si riporta la stessa correlazione per la matrice OD del campione di 10000 viaggi del 2018.

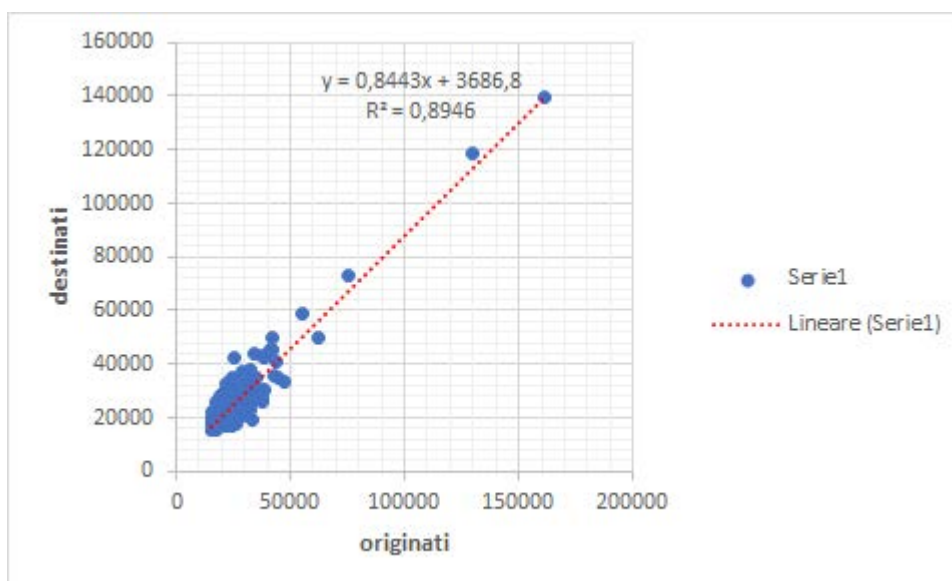


Come è immediato verificare in entrambi i casi l'indice di correlazione R^2 è praticamente uguale all'unità. Questo fatto è probabilmente spiegabile dalla struttura della matrice OD che, come si vedrà nel dettaglio in un successivo paragrafo, ha l'80% dei viaggi intra-comunali, ovvero origine e destinazione coincidono e quindi originati e destinati sono uguali per definizione.

A conferma di ciò si riporta la stessa correlazione per i dati 2018 in cui si sono presi i totali marginali della matrice eliminando dalla somma gli elementi della diagonale principale.

Come si vede la correlazione si mantiene abbastanza elevata, ma inferiore al 90%, e il valore della pendenza della retta di regressione è pari a 0,84 contro lo 0,96 della regressione dei valori totali, a conferma comunque di una certa simmetria della matrice, ovvero a

conferma che c'è una consistente quota di viaggi O-D che hanno, nell'arco delle 24h un viaggio simmetrico D-O.



7.5 ANALISI DELLA STRUTTURA DELLA MATRICE OD

In questo paragrafo si analizzano infine le caratteristiche e la struttura della matrice OD campionaria.

I 10.000 viaggi validi relativi alle 24h in matrice si distribuiscono su 1401 celle, ovvero il riempimento medio della matrice, pari al 2,35%, è abbastanza modesto, ma ciò è dovuto soprattutto alla esiguità del campione.

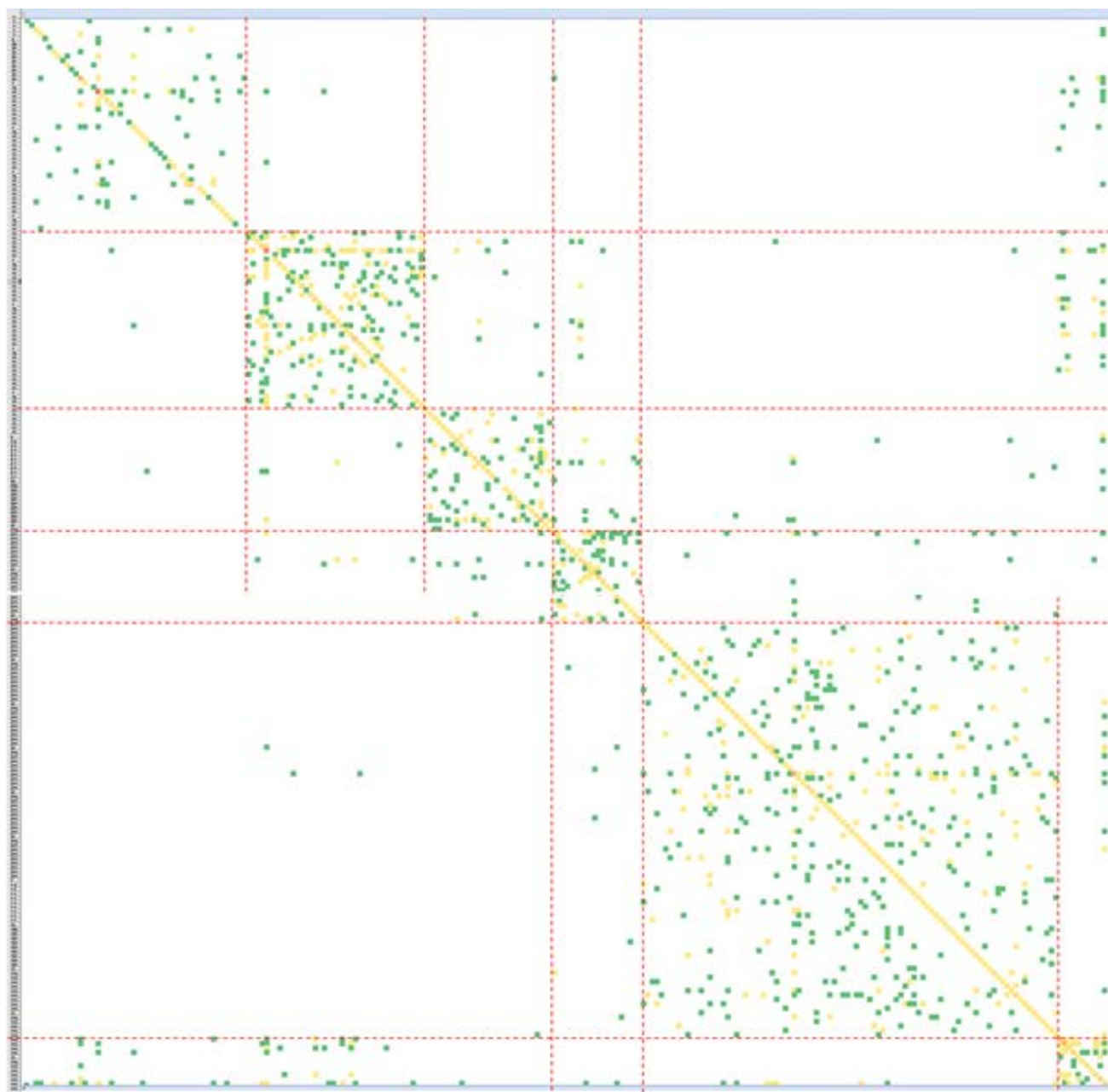
Mediamente le celle hanno 7,26 viaggi e la cella con più viaggi ne ha 711.

Ciò che risulta chiaro è che la mobilità rilevata è soprattutto una mobilità di prossimità, infatti l'80% dei viaggi in matrice stanno sulla diagonale principale, ovvero sono viaggi intra-comunali.

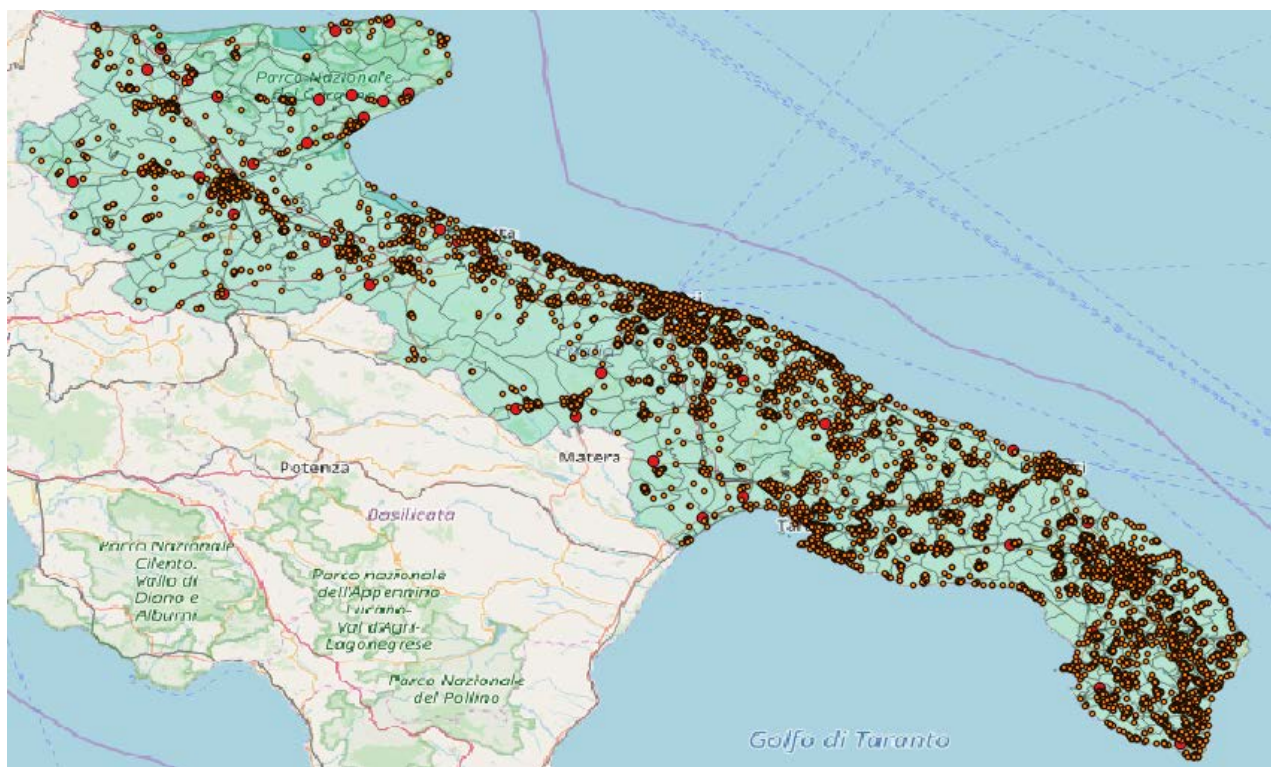
La figura della pagina successiva riporta la matrice con le celle colorate in funzione della quantità di viaggi (colori da verde a rosso per numerosità crescente dei viaggi).

Risulta ben evidente la diagonale principale tutta colorata in giallo e nella quale si vedono alcune celle rosse.

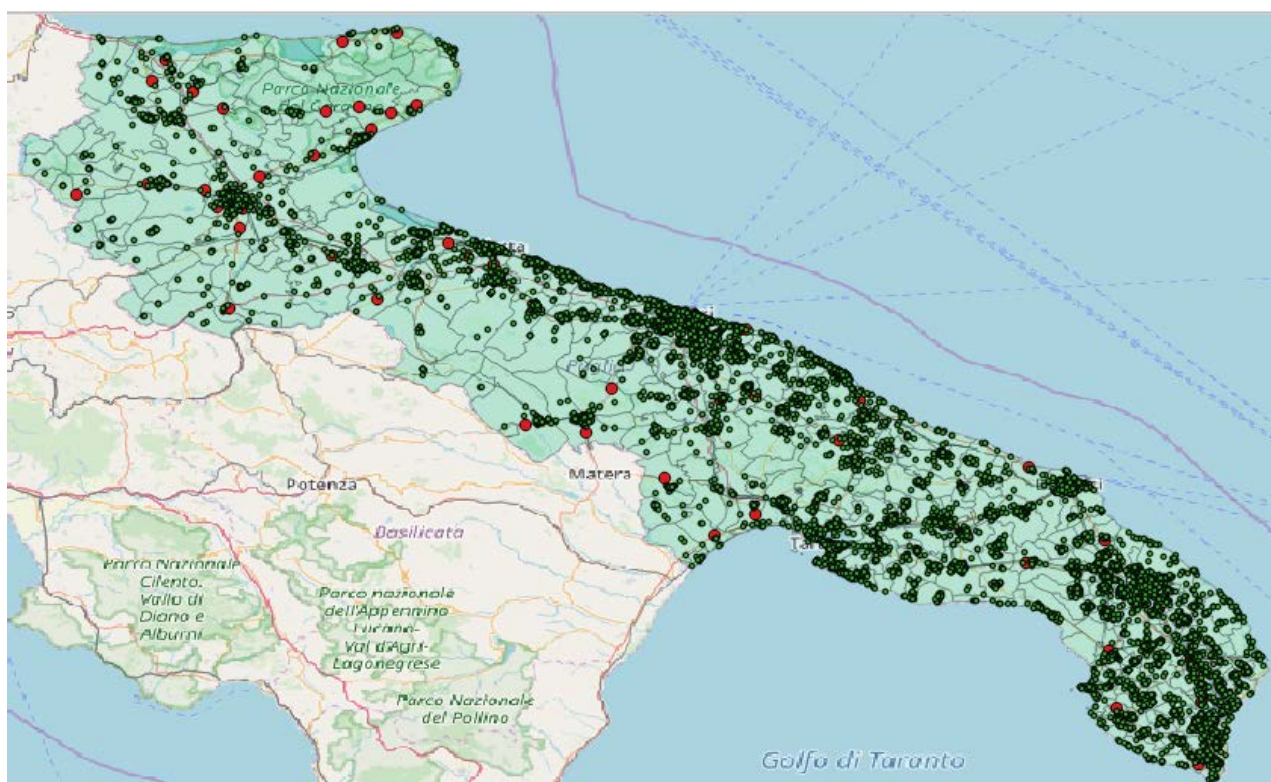
Essendo i codici dei comuni ordinati per provincia si vedono anche bene le sottomatrici provinciali (separate dalle rette tratteggiate rosse) e si vede chiaramente che di viaggi interprovinciali ve ne sono molto pochi, a ulteriore conferma della mobilità di prossimità.



Nelle figure che seguono vengono riportate le mappe con le posizioni dei punti di origine (prima mappa) e di destinazione (seconda mappa) delle relazioni OD in matrice.



Punti origine



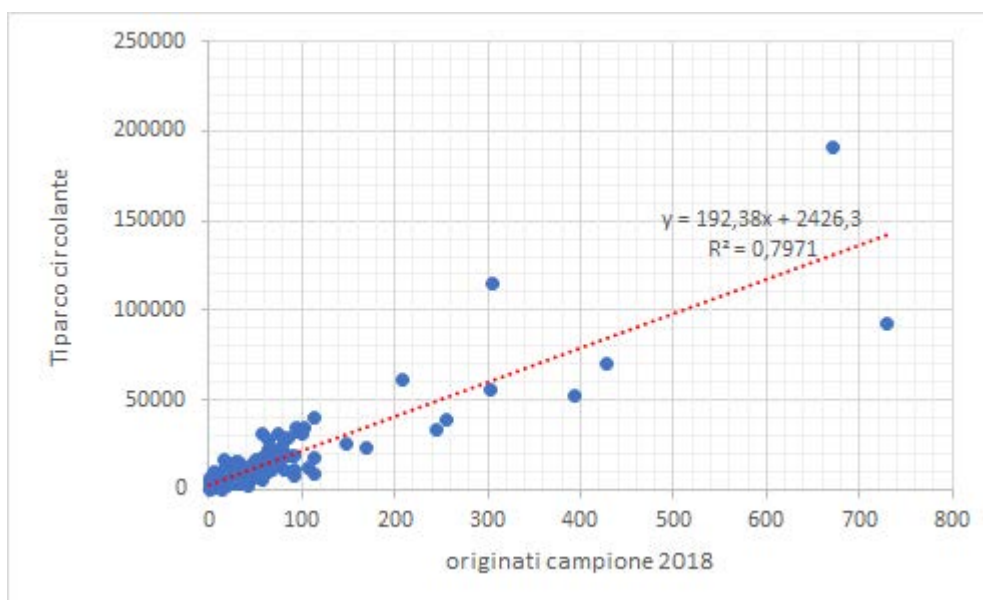
Punti destinazione

Risultano abbastanza evidenti le concentrazioni nelle aree relative ai capoluoghi di provincia

7.6 CONFRONTO ORIGINATI E – VEICOLI CIRCOLANTI

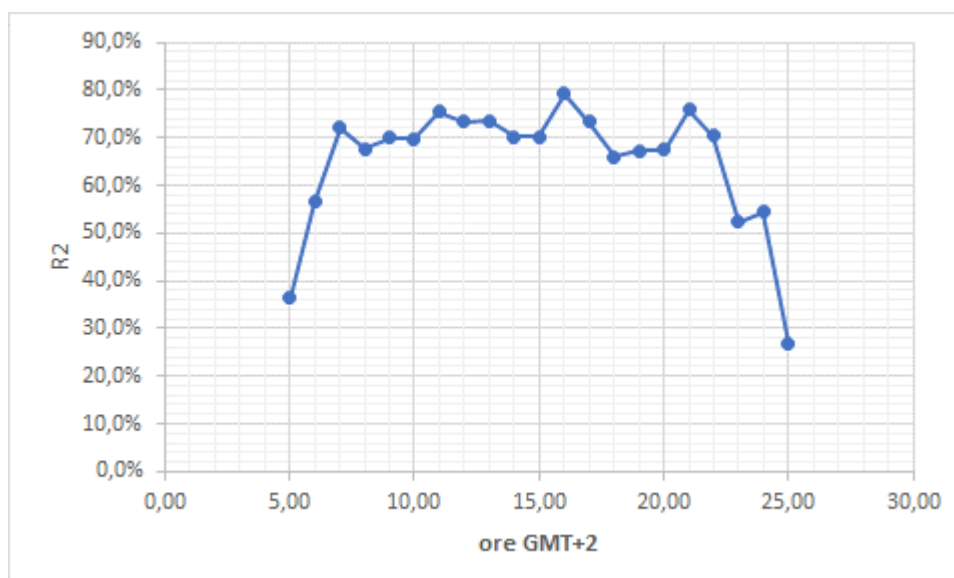
Per la matrice campionaria si è analizzata la correlazione fra il totale degli originati e il parco circolante.

La figura che segue mostra la correlazione fra i due set di dati.



Si sono analizzati anche gli indici di correlazione nelle diverse ore della giornata, Il risultato, se vogliamo non proprio atteso è che, a parte le ore notturne; dove la scarsa quantità di dati non consente di avere stime attendibili, è che l'indice di correlazione è quasi indipendente dalle ore.

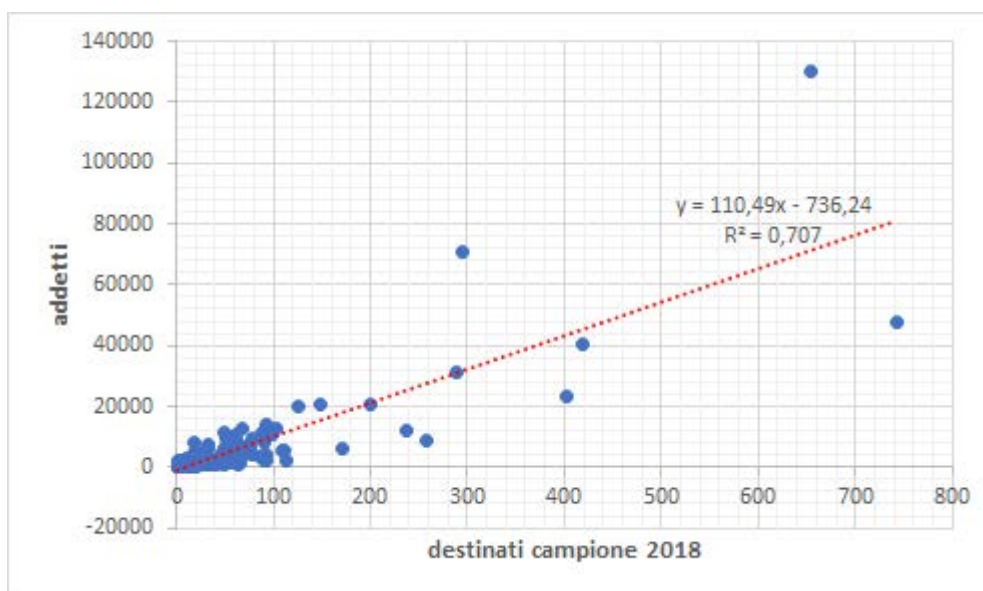
La figura riporta l'andamento nelle ore della giornata dell'indice di correlazione, che si mantiene abbastanza costante nelle ore diurne intorno la 70%. Risultato un po' sorprendente perché ci si sarebbe aspettati una correlazione più forte nelle ore di punta del mattino.



7.7 CONFRONTO DESTINATI ADDETTI

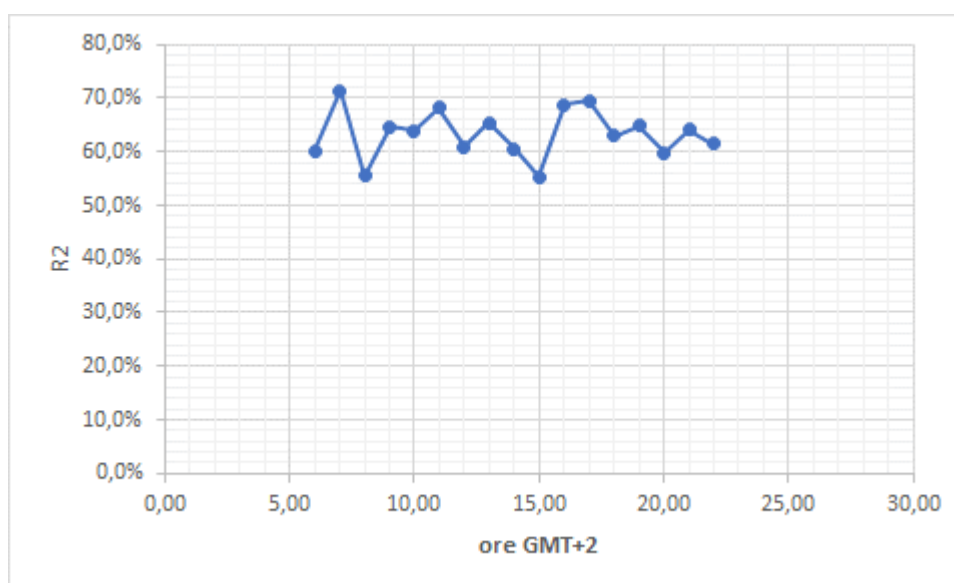
In modo analogo a quanto fatto nel paragrafo precedente, adesso si confrontano i destinati per comune con il numero di addetti analizzando la correlazione con i totali 24h ma anche le correlazioni nelle diverse ore.

La figura che segue mostra la correlazione fra i addetti e destinati nelle 24h.



Come nel caso precedente anche adesso si sono analizzati anche gli indici di correlazione nelle diverse ore della giornata, Il risultato, anche in questo caso non proprio atteso è che, a parte le ore notturne; dove la scarsa quantità di dati non consente di avere stime attendibili, è che l'indice di correlazione è praticamente indipendente dalle ore.

La figura riporta l'andamento nelle ore della giornata dell'indice di correlazione, che si mantiene abbastanza costante nelle ore diurne intorno la 60%. Risultato un po' sorprendente perché ci si sarebbe aspettati una correlazione più forte nelle ore di punta del mattino.



8 PROCEDURE OPERATIVE

Questo capitolo è dedicato alla descrizione delle procedure operative definite e utilizzate per effettuare la ricostruzione delle matrici campionarie a partire dai dati FCD e la stima della matrice OD effettiva.

8.1 PROCEDURA OPERATIVA PER LA COSTRUZIONE DEL FILE VIAGGI E DELLA MATRICE OD CAMPIONARIA

La procedura viene effettuata per ogni giornata per cui si dispone dei dati FCD.

1. Si parte dal file **extraction.csv** delle posizioni FCD relative alla giornata in esame, che ha le seguenti informazioni:

path_id	gps_time	provider	latitude	longitude	speed_kmh	heading	odometer	pnt_type	path_type	pnt_internal	vehicle_type	zone_id	zone_code	comune_ID
'1139118686913118213	2018-05-31 02:00:13+02	1	399304930	183635920	0	-1	-1	l	l	t	leggero	Tricase_1	75088001	75088

2. si genera il file “**posizioni-viaggi_PROGETTO.csv**”, identico al precedente (stessa cardinalità), ma con le tracce eventualmente spezzate in viaggi, qualora necessario secondo le regole riportate precedentemente (par.4.2)
3. si genera il file “**viaggi_PROGETTO.csv**” che contiene i singoli viaggi, per i quali si calcolano alcune variabili di interesse come descritto precedentemente (Par. 4.2). Nel corso della generazione si calcolano per ciascun viaggio i diversi flag di validità, e si imposta il criterio di selezione in modo che il file contenga solo i viaggi validi. La tabella che segue riporta la descrizione dei singoli campi.

campo	descrizione
'trip_id	identificativo del viaggio
num	numero d'ordine del viaggio "spezzato"
count	numero di posizioni del viaggio
avg_speed	media delle velocità delle posizioni
stdev_speed	deviazione standard delle velocità
min_speed	valore minimo delle velocità delle posizioni
max_speed	valore massimo delle velocità delle posizioni
min_time	tempo di inizio viaggio
max_time	tempo di fine viaggio
dur_h	durata del viaggio in h
dur_s	durata del viaggio in sec
deltat_s	intervallo medio di campionamento posizioni in sec
min_deltat_s	intervallo minimo di campionamento posizioni in sec
max_deltat_s	intervallo massimo di campionamento posizioni in sec
vel_ini	velocità della prima posizione
vel_fin	velocità dell'ultima posizione
stop_time	somma dei tempi di stop
stima_DL	stima della lunghezza calcolata in base a tempo e velocità
lat_start	latitudine posizione inizio viaggio
long_start	longitudine posizione inizio viaggio
zone_start	zona inizio viaggio
lat_end	latitudine posizione fine viaggio
long_end	longitudine posizione fine viaggio
zone_end	zona fine viaggio
veh_type	tipo veicolo
provider_code	codice provider dati
ora	ora di inizio viaggio

- La produzione delle **matrici OD campionarie** si effettua operando sul precedente file, sfruttando le tabelle Pivot di excel. Sarà possibile produrre matrici per zona, per comune o per provincia, selezionando la fascia oraria piuttosto che il tipo di veicolo.

8.2 PROCEDURA OPERATIVA PER LA STIMA DEL NUMERO DI VEICOLI IN VIAGGIO

- Sul file precedentemente generato **Viaggi_PROGETTO.csv** Si esegue il programma **OD_finder** che effettua il calcolo delle sequenze di viaggio attribuibili ad un unico veicolo. Per il calcolo si ipotizza che due viaggi siano in sequenza se la differenza (distanza) fra le coordinate della posizione finale del viaggio in esame e quella della posizione iniziale del viaggio da concatenare è inferiore a un valore prefissato (dimensione intorno di ricerca), ovviamente a parità di tipologia del veicolo. Se esistono più viaggi che soddisfano la condizione si prende quello con la minima differenza (distanza) fra le coordinate. Il programma scrive un file **sequenze_veicoli_PROGETTO.csv**. in cui per ogni viaggio viene indicato il codice, se esiste, del viaggio successivo ed elaborando il quale è possibile calcolare il numero medio di viaggi per veicolo.

8.3 PROCEDURA OPERATIVA PER IL RIPORTO ALL'UNIVERSO E LA GENERAZIONE DELLE MATRICI OD FINALI

A seguito della elaborazione precedente è noto il numero di veicoli che costituiscono il nostro campione (eventualmente distinguendo veicoli leggeri e merci) a livello regionale e potremo calcolare il totale per ogni zona/comune di inizio del/i viaggi giornalieri avendo così il campione per ogni zona/comune.

Dalle statistiche ACI abbiamo la consistenza del parco circolante per ciascun comune.

Il riporto all'universo dei dati campionari si può fare in modo aggregato (unico coefficiente per l'intera regione) o distinguendo i singoli comuni (un coefficiente per ogni comune). Il calcolo del coefficiente di riporto all'universo CR sarà comunque il rapporto fra la consistenza del parco circolante e la numerosità del campione.

Questo calcolo è corretto se si fa l'ipotesi che tutto il circolante sia effettivamente in movimento, mentre è noto che i veicoli in movimento sono solo una parte del circolante. Purtroppo, non abbiamo dati certi sulla percentuale di veicoli effettivamente in movimento; in prima approssimazione considereremo quindi il circolante nella sua interezza.

I due tipi di coefficienti di riporto all'universo (unico per la regione, denominato rip1, e distinti per comune, denominati rip2) sono scritti nel file viaggi, ovvero ciascun record (viaggio) riporta i due coefficienti.

Per la generazione delle matrici si è prodotto un file excel che contiene per ciascun giorno valido le relazioni OD fra le zone, ciascuna con le informazioni dei flussi FCD e dei flussi riportati all'universo con rip1 e rip2 per le 24 ore. Mediante opportuna tabella pivot è quindi possibile generare qualsiasi matrice giornaliera, o media per tipo di giorno.

8.4 PROCEDURA OPERATIVA PER LA VERIFICA DEI FLUSSI OD (DA FCD) SULLE SEZIONI STRADALI MISURATE.

Per effettuare la verifica dei flussi sulle sezioni stradali per cui si dispone dei conteggi di traffico dell'ANAS) è necessario elaborare le traiettorie dei veicoli FCD individuando il loro passaggio sulle sezioni ANAS. Il programma predisposto genera un file in cui sono riportate le seguenti informazioni

- Codice viaggio
- Codice sezione di conteggio
- Tempo di passaggio

Mediante il codice viaggio si recupera l'informazione relativa al riporto all'universo (dal file viaggi) ed è quindi possibile calcolare per ciascuna sezione quale è il flusso (riportato all'universo) che attraversa ciascuna sezione stradale. Questo dato viene poi confrontato con il dato di conteggio dell'ANAS verificando se il campione riproduce correttamente l'intero flusso o calcolando comunque l'errore.

9 APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA - MATRICI OD E ANALISI DEI RISULTATI

In questo capitolo si riporta il risultato della applicazione della procedura descritta e le analisi effettuate sui dati.

Come noto il campione è stato estratto facendo riferimento al mese di marzo 2018, caratterizzato da 22 giorni feriali, 5 giorni di sabato e 4 giorni di domenica.

In totale si è analizzato più di mezzo miliardo di posizioni, utilizzandone 325.181.191 per generare 8.388.470 viaggi validi, distribuiti sui 31 giorni di indagine.

Tre dei 31 giorni sono stati considerati “non validi” per l’analisi in quanto caratterizzati da anomalie: il 13 (mar), il 25 (dom), il 29 (gio) e il 31 (sab), quindi i giorni “validi” utilizzati sono: 20 Feriali, 4 sabato e 3 domeniche.

La tabella delle pagine successive riporta i valori dei principali indicatori calcolati per ciascuna giornata “campione” valida.

Gli indicatori si riferiscono alle quantità di viaggi, alla tipologia di veicoli, al passo di rilevamento dei dati, alle prestazioni medie dei viaggi, nonché ad alcuni indicatori che si riferiscono a correlazioni con dati “esterni” di controllo (profilo orario della quantità di viaggi della rilevazione del 2014 e parco circolante per comune).

Inoltre, vengono riportate le principali caratteristiche delle matrici OD campionarie (numero di celle “attive”, valore medio, minimo e massimo degli spostamenti, deviazione standard).

Nella tabella viene anche riportato il coefficiente medio di riporto all’universo e il tasso di campionamento, valido per tutta la regione.

Il coefficiente di riporto all’universo (inverso del tasso di campionamento) viene calcolato come rapporto fra il numero di veicoli del parco circolante (Auto) della regione e il numero di veicoli del campione ed è e quindi da applicare a ciascun viaggio del “campione”

Vale la pena di osservare che il tasso di campionamento medio è pari a 8,53% che è superiore alla soglia minima (8,00%) indicata nel capitolato tecnico-amministrativo.

La tabella che segue riporta i dati di parco forniti dall’ACI.

Auto	Motocicli	Autobus	Trasporti Merci	Veicoli Speciali	Trattori e Altri	Totale	Auto per mille abitare
2.299.394	293.504	7.018	271.821	44.215	10.056	2.917.885	570
78,8%	10,1%	0,2%	9,3%	1,5%	0,3%	100,0%	

In realtà il dato noto direttamente dalla ricostruzione dei movimenti dei veicoli FCD (file viaggi) è il numero di viaggi; bisogna però tener presente che la quantità di viaggi prodotti dai veicoli è influenzata, da un lato dal fatto che non tutti i veicoli “circolanti” sono in movimento e dall’altro che i veicoli che si muovono possono effettuare più viaggi nella giornata-

Il valore del numero di viaggi giornalieri per veicolo è stato stimato con il metodo illustrato al paragrafo 8.2, ricostruendo cioè le sequenze “probabili” di viaggi dei singoli veicoli; il valore ottenuto è pari a 1,4 (ricordiamo che AUDIMOB 2014 valuta questo coefficiente pari a 1,6); mentre, per la quota dei veicoli che si muovono si è fatta l’ipotesi che tale quota sia pari al 100%.

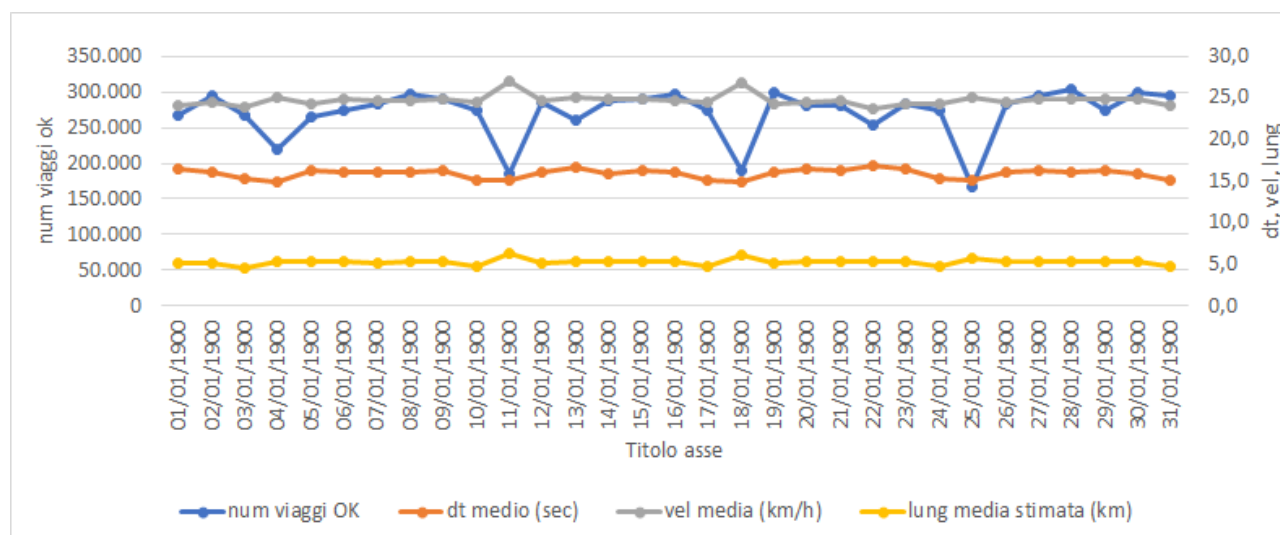
Quindi il coefficiente di riporto corretto sarà dato dal rapporto fra il numero dei veicoli del parco moltiplicato per 1,4 e il numero di viaggi del campione.

Nella successiva tabella 2, vengono riportati, per gli indicatori della tabella 1, i valori min max e medio, oltre alla deviazione standard e al CV (Coefficiente di variazione) distinti per tipo giorno.

Come risulta evidente la variabilità dei valori nell'ambito delle diverse tipologie di giornate è modesta. Quasi tutti i valori di CV sono inferiori al 5% (ad eccezione del tipo giorno Festivo, dove la variabilità è sicuramente più marcata, ma trattandosi di regione ad alta vocazione turistica e considerando anche l'anomalia della introduzione dell'ora legale e il sabato "santo", può essere giustificabile).

Si conferma comunque una buona stabilità sia del campione che dei comportamenti dei viaggiatori.

Il grafico che segue riporta l'andamento nel tempo di alcuni indicatori particolarmente interessanti: numero viaggi giornalieri, velocità media, lunghezza media dei viaggi, intervallo di campionamento Dt.



Analisi di maggior dettaglio sono state poi effettuate sui profili orari, sugli originati per comune e sulle matrici OD, come descritto nei successivi paragrafi.

TABELLA 1

data	giorno	tipo giorno	num posizioni viaggi validi	num viaggi OK	Interni Puglia	Ingressi Puglia	Uscita Puglia	perc. merci	num med posiz per viaggio valide	dt medio (sec)	dt min medio	dt max medio	vel media (km/h)	durata media (min)	lung media stimata (km ¹)	tempo medio stop (min ¹)
01/03/2018	gio	Fer	10.095.779	268.016	266.829	619	568	1,69%	37,7	16,4	44,7	126,6	24,2	10,3	5,093	2,432
02/03/2018	ven	Fer	11.179.418	294.417	292.936	756	725	1,75%	38,0	16,1	44,6	125,5	24,4	10,2	5,184	2,385
03/03/2018	sab	PFes	10.154.177	266.190	265.202	513	475	0,95%	38,1	15,4	45,0	126,2	23,9	9,8	4,614	2,311
04/03/2018	dom	Fes	9.066.014	218.426	217.359	540	527	0,28%	41,5	14,8	44,9	126,2	25,0	10,2	5,279	2,233
05/03/2018	lun	Fer	10.162.504	265.950	264.491	735	724	1,79%	38,2	16,3	44,6	125,6	24,2	10,4	5,303	2,410
06/03/2018	mar	Fer	10.552.739	275.017	273.598	709	710	1,77%	38,4	16,1	44,4	125,2	24,8	10,3	5,369	2,371
07/03/2018	mer	Fer	10.742.947	283.493	282.025	751	717	1,84%	37,9	16,1	44,5	125,0	24,6	10,2	5,229	2,380
08/03/2018	gio	Fer	11.370.487	295.718	294.156	828	734	1,88%	38,5	16,0	44,4	124,9	24,7	10,3	5,235	2,383
09/03/2018	ven	Fer	11.048.369	289.469	287.874	826	769	1,95%	38,2	16,2	44,5	124,8	24,9	10,3	5,386	2,382
10/03/2018	sab	PFes	10.894.650	275.151	274.043	559	549	1,10%	39,6	15,1	44,6	125,3	24,5	10,0	4,793	2,351
11/03/2018	dom	Fes	8.277.175	184.640	183.464	605	571	0,27%	44,8	15,0	44,5	125,6	27,1	11,2	6,373	2,248
12/03/2018	lun	Fer	10.945.954	286.358	284.783	797	778	1,81%	38,2	16,0	44,4	124,9	24,7	10,2	5,234	2,363
13/03/2018	mar	Fer	9.661.551	260.229	258.806	714	709	1,76%	37,1	16,6	45,0	124,7	25,0	10,2	5,387	2,348
14/03/2018	mer	Fer	10.947.411	287.386	285.808	808	770	1,68%	38,1	15,9	44,6	125,2	24,9	10,1	5,252	2,314
15/03/2018	gio	Fer	11.056.806	289.781	288.236	802	743	1,76%	38,2	16,2	44,5	124,9	24,9	10,3	5,361	2,382
16/03/2018	ven	Fer	11.316.472	296.063	294.441	836	786	1,89%	38,2	16,0	44,6	124,7	24,7	10,2	5,297	2,372
17/03/2018	sab	PFes	10.656.918	274.184	273.110	545	529	1,08%	38,9	15,2	44,8	125,1	24,4	9,8	4,732	2,332
18/03/2018	dom	Fes	8.486.912	190.886	189.787	576	523	0,25%	44,5	14,9	44,7	126,0	26,7	11,1	6,118	2,250
19/03/2018	Lun	Fer	11.375.348	299.317	297.813	747	757	1,89%	38,0	16,0	44,4	125,1	24,3	10,1	5,096	2,397
20/03/2018	mar	Fer	10.717.441	280.174	278.654	791	729	1,85%	38,3	16,4	44,6	125,8	24,6	10,4	5,357	2,419
21/03/2018	mer	Fer	10.703.136	280.696	279.126	804	766	1,86%	38,1	16,3	44,5	125,6	24,7	10,4	5,374	2,399
22/03/2018	gio	Fer	9.851.396	254.243	252.953	680	610	1,68%	38,7	16,8	44,7	128,3	23,8	10,8	5,369	2,511
23/03/2018	ven	Fer	10.708.572	282.392	280.899	799	694	1,78%	37,9	16,4	44,5	127,1	24,3	10,4	5,291	2,434
24/03/2018	sab	PFes	10.618.199	272.918	271.847	550	521	1,11%	38,9	15,3	44,8	126,6	24,2	9,9	4,736	2,364
25/03/2018	dom	Fes	7.267.953	167.669	166.730	478	461	0,29%	43,3	15,1	44,7	128,5	25,1	10,9	5,645	2,302
26/03/2018	lun	Fer	10.785.169	283.224	281.653	800	771	1,56%	38,1	16,1	44,6	126,0	24,5	10,2	5,288	2,345
27/03/2018	mar	Fer	11.278.888	294.870	293.205	851	814	1,88%	38,3	16,2	44,5	125,4	24,8	10,3	5,377	2,367
28/03/2018	mer	Fer	11.672.202	302.831	301.186	864	781	1,90%	38,5	16,0	44,6	125,2	24,9	10,3	5,336	2,347
29/03/2018	gio	Fer	10.556.700	275.138	273.457	909	772	1,79%	38,4	16,2	44,7	125,5	24,9	10,4	5,404	2,408
30/03/2018	ven	Fer	11.585.362	299.777	297.942	1.000	835	1,82%	38,6	15,8	44,6	125,4	24,9	10,2	5,270	2,373
31/03/2018	sab	PFes	11.444.542	293.847	292.378	787	682	1,07%	38,9	15,2	44,6	125,9	24,1	9,8	4,780	2,359

TABELLA 1 (segue)

data	giorno	tipo giorno	correlaz. Veic. ore	RMSE% ore	correlaz. Orig.-circ.	num celle OD	val med OD	val max OD	dev st OD	coef. Rip. Univ.	coeff. Ampl.	%cambio namento	NOTE
01/03/2018	gio	Fer	95,2%	14,0%	78,8%	6747	39,72	18979	406,6	11,9687	3,43	8,4%	
02/03/2018	ven	Fer	96,2%	12,4%	78,2%	7097	41,48	20552	426,0	10,8978	3,43	9,2%	
03/03/2018	sab	PFes	91,6%	18,4%	76,3%	6287	42,34	17885	396,9	12,0869	3,71	8,3%	
04/03/2018	dom	Fes	81,4%	27,5%	77,1%	6344	34,43	14948	328,0	14,7406	2,86	6,8%	
05/03/2018	lun	Fer	95,1%	14,1%	78,0%	6887	38,62	18885	394,5	12,1096	3,36	8,3%	
06/03/2018	mar	Fer	96,1%	12,6%	78,1%	7048	39,02	19739	403,1	11,7083	3,29	8,5%	
07/03/2018	mer	Fer	94,9%	14,4%	78,1%	7057	40,17	20007	413,2	11,3589	3,39	8,8%	
08/03/2018	gio	Fer	95,6%	13,4%	78,4%	7166	41,27	20825	425,9	10,8914	3,50	9,2%	
09/03/2018	ven	Fer	93,6%	16,1%	79,3%	7270	39,82	20041	412,3	11,1282	3,39	9,0%	
10/03/2018	sab	PFes	94,1%	15,5%	77,5%	6528	42,15	18583	404,3	11,6939	3,68	8,6%	
11/03/2018	dom	Fes	79,0%	29,2%	78,0%	6554	28,17	12473	269,0	17,4512	2,21	5,7%	
12/03/2018	lun	Fer	95,2%	14,1%	78,6%	7115	40,25	20023	414,9	11,2452	3,57	8,9%	
13/03/2018	mar	Fer											buco di dati in due ore
14/03/2018	mer	Fer	95,4%	13,6%	78,3%	7200	39,91	20439	414,1	11,2073	3,57	8,9%	
15/03/2018	gio	Fer	94,9%	14,4%	78,6%	7330	39,53	20516	414,5	11,1119	3,36	9,0%	
16/03/2018	ven	Fer	95,9%	13,0%	79,7%	7306	40,51	20655	425,9	10,88108	3,50	9,2%	
17/03/2018	sab	PFes	93,7%	16,1%	76,6%	6470	42,38	18875	406,9	11,73476	3,64	8,5%	
18/03/2018	dom	Fes	77,4%	30,3%	77,5%	6530	29,23	12580	273,7	16,87226	2,43	5,9%	
19/03/2018	Lun	Fer	95,4%	13,7%	78,3%	7121	42,03	20615	430,2	10,75674	3,64	9,3%	
20/03/2018	mar	Fer	93,9%	15,7%	79,9%	7138	39,25	18880	400,9	11,49593	3,43	8,7%	
21/03/2018	mer	Fer	95,1%	14,1%	81,3%	7117	39,44	17242	393,9	11,47198	3,39	8,7%	
22/03/2018	gio	Fer	94,2%	15,4%	80,6%	6870	37,01	15824	366,3	12,66381	3,32	7,9%	
23/03/2018	ven	Fer	95,5%	13,5%	78,8%	7048	40,07	19255	409,6	11,40525	3,36	8,8%	
24/03/2018	sab	PFes	93,5%	16,3%	76,9%	6426	42,47	18411	403,3	11,78889	3,50	8,5%	
25/03/2018	dom	Fes											anomalie dovute all'ora legale
26/03/2018	lun	Fer	97,3%	10,6%	78,5%	7093	39,93	19780	409,2	11,37326	3,39	8,8%	
27/03/2018	mar	Fer	97,1%	10,9%	79,4%	7287	40,47	20263	418,4	10,92137	3,46	9,2%	
28/03/2018	mer	Fer	97,7%	9,7%	79,3%	7482	40,47	20620	421,0	10,63616	3,50	9,4%	
29/03/2018	gio	Fer											buco di dati in due ore
30/03/2018	ven	Fer	94,7%	14,7%	77,6%	7354	40,76	20330	413,9	10,74929	3,57	9,3%	
31/03/2018	sab	PFes	89,8%	20,3%	74,7%	7138	82,33	20271	602,4	10,95817	0,00	9,1%	vigilia di Pasqua

TABELLA 2

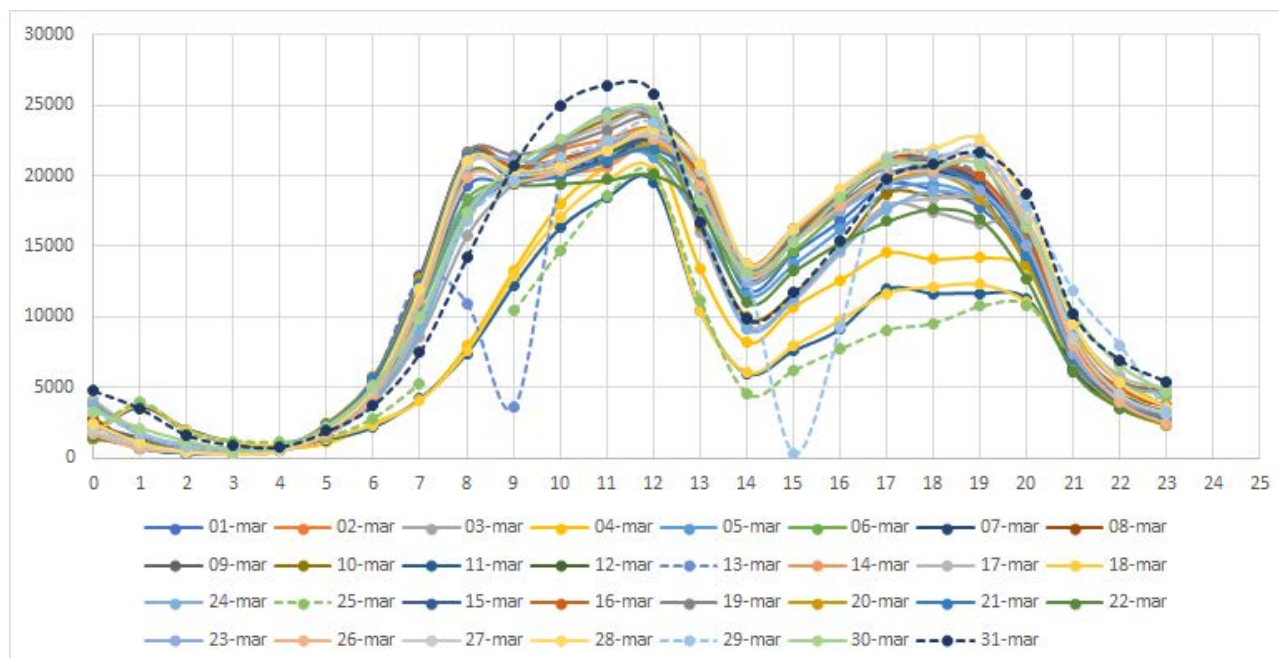
	tipo giorno	num posizioni viaggi validi	num viaggi	Interni Puglia	Ingressi Puglia	Uscita Puglia	perc. merci	num med posiz per viaggio valido	dt medio (sec)	dt min medio	dt max medio	vel media (km/h)	durata media (min)	lung media stimata (km)	tempo medio stop (min)
val min	fer	9.661.551	254.243	252.953	619	568	1,6%	37,7	15,8	44	125	23,8	10,1	5,093	2,31
val max	fer	11.672.202	302.831	301.186	1.000	835	2,0%	38,7	16,8	45	128	24,9	10,8	5,386	2,51
val med	fer	10.832.484	285.460	283.930	790	739	1,8%	38,2	16,2	45	126	24,6	10,3	5,285	2,39
dev st	fer	537.548	12.485	12.382	78	62	0,1%	0,26	0,22	0,10	0,89	0,30	0,16	0,088	0,04
CV	fer	5,0%	4,4%	4,4%	9,8%	8,4%	5,3%	0,7%	1,4%	0,2%	0,7%	1,2%	1,5%	1,7%	1,7%
val min	Pfes	10.154.177	266.190	265.202	513	475	1,0%	38,1	15,1	45	125	23,9	9,8	4,614	2,31
val max	Pfes	11.444.542	275.151	274.043	559	549	1,1%	39,6	15,4	45	127	24,5	10,0	4,793	2,36
val med	Pfes	10.753.697	272.111	271.051	542	519	1,1%	38,9	15,2	45	126	24,3	9,9	4,719	2,34
dev st	Pfes	470.182	4.052	4.001	20	31	0,1%	0,59	0,12	0,16	0,71	0,26	0,08	0,075	0,02
CV	Pfes	4,4%	1,5%	1,5%	3,7%	6,0%	6,9%	1,5%	0,8%	0,4%	0,6%	1,1%	0,9%	1,6%	1,0%
val min	Fes	7.267.953	184.640	183.464	540	523	0,3%	41,5	14,8	44	126	25	10,2	5,279	2,23
val max	Fes	9.066.014	218.426	217.359	605	571	0,3%	44,8	15,0	45	126	27	11,2	6,373	2,25
val med	Fes	8.274.514	197.984	196.870	574	540	0,3%	43,6	14,9	45	126	26	10,8	5,924	2,24
dev st	Fes	749.390	17.977	18.023	33	27	0,0%	1,82	0,11	0,20	0,35	1,13	0,53	0,572	0,01
CV	Fes	9,1%	9,1%	9,2%	5,7%	4,9%	5,8%	4,2%	0,7%	0,4%	0,3%	4,3%	4,9%	9,7%	0,4%

TABELLA 2 (segue)

	tipo giorno	correlaz. Veic. ore	RMSE% ore	correlaz. Orig-circ.	num celle OD	val med OD	val max OD	dev st OD	coef. Rip. Univ.	coeff. Ampl.	%cambio namento
val min	fer	93,6%	9,7%	77,6%	6.747	37,01	15.824	366	10,636	3,29	7,9%
val max	fer	97,7%	18,4%	81,3%	7.482	42,47	20.825	426	12,664	3,71	9,4%
val med	fer	95,4%	13,5%	78,9%	7.137	39,99	19.674	411	11,299	3,44	8,9%
dev st	fer	1,1%	1,7%	0,9%	176,18	1,08	1.255,33	14,50	0,51	0,10	0,4%
CV	fer	1,1%	12,3%	1,2%	2,5%	2,7%	6,4%	3,5%	4,5%	2,8%	4,4%
val min	Pfes	91,6%	15,5%	76,3%	6.287	42,15	17.885	397	11,694	3,50	8,3%
val max	Pfes	94,1%	18,4%	77,5%	6.528	42,47	18.875	407	12,087	3,71	8,6%
val med	Pfes	93,2%	16,6%	76,8%	6.428	42,33	18.439	403	11,826	3,63	8,5%
dev st	Pfes	1,1%	1,3%	0,5%	103	0,14	415,74	4,25	0,18	0,09	0,1%
CV	Pfes	1,2%	7,8%	0,6%	1,6%	0,3%	2,3%	1,1%	1,5%	2,6%	1,5%
val min	Fes	91,6%	27,5%	77,1%	6.344	28	12.473	269	14,741	2,21	5,7%
val max	Fes	94,1%	30,3%	78,0%	6.554	34	14.948	328	17,451	2,86	6,8%
val med	Fes	93,2%	29,0%	77,5%	6.476	31	13.334	290	16,355	2,50	6,1%
dev st	Fes	2,0%	1,4%	0,5%	114,94	3,35	1.399,08	32,82	1,43	0,33	0,6%
CV	Fes	2,2%	4,9%	0,6%	1,8%	10,9%	10,5%	11,3%	8,7%	13,1%	9,1%

9.1 ANALISI PROFILI ORARI (CAMPIONE)

Qui di seguito il grafico dei 31 profili così come risultano dalla rilevazione. In linea tratteggiata i 4 profili che sono stati poi esclusi nella valutazione dei profili medi per tipo giorno.



Qui di seguito i profili orari, distinti per tipo giorno, delle singole giornate e del valore medio, nonché il grafico del coefficiente di variazione delle distribuzioni orarie.

Risulta evidente l'andamento stabile dei profili dei giorni feriali e prefestivi, e quello molto più variabile (almeno nelle giornate a disposizione) per i giorni Festivi.

Il CV dei giorni feriali si mantiene intorno al 5% per le ore comprese fra l'inizio della punta mattutina e la fine di quella serale, confermando una stabilità notevole dei valori che fanno registrare una variabilità assolutamente fisiologica e tipica del traffico.

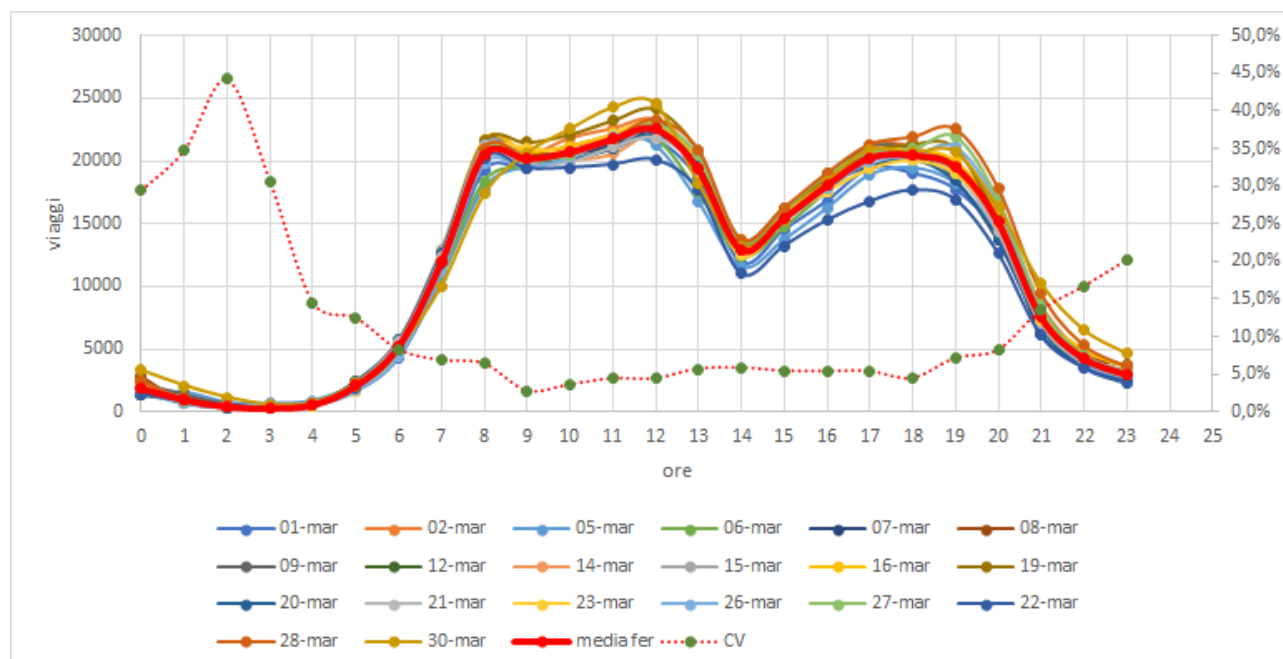
Per i giorni prefestivi i valori del CV sono del tutto analoghi a quelli dei giorni feriali con valori che risultano anche inferiori, nelle ore diurne, a quelli dei giorni feriali.

Diversa è la situazione per i giorni festivi che hanno invece valori molto più tormentati e elevati; per tutte le ore del giorno il valore del CV è superiore al 5%.

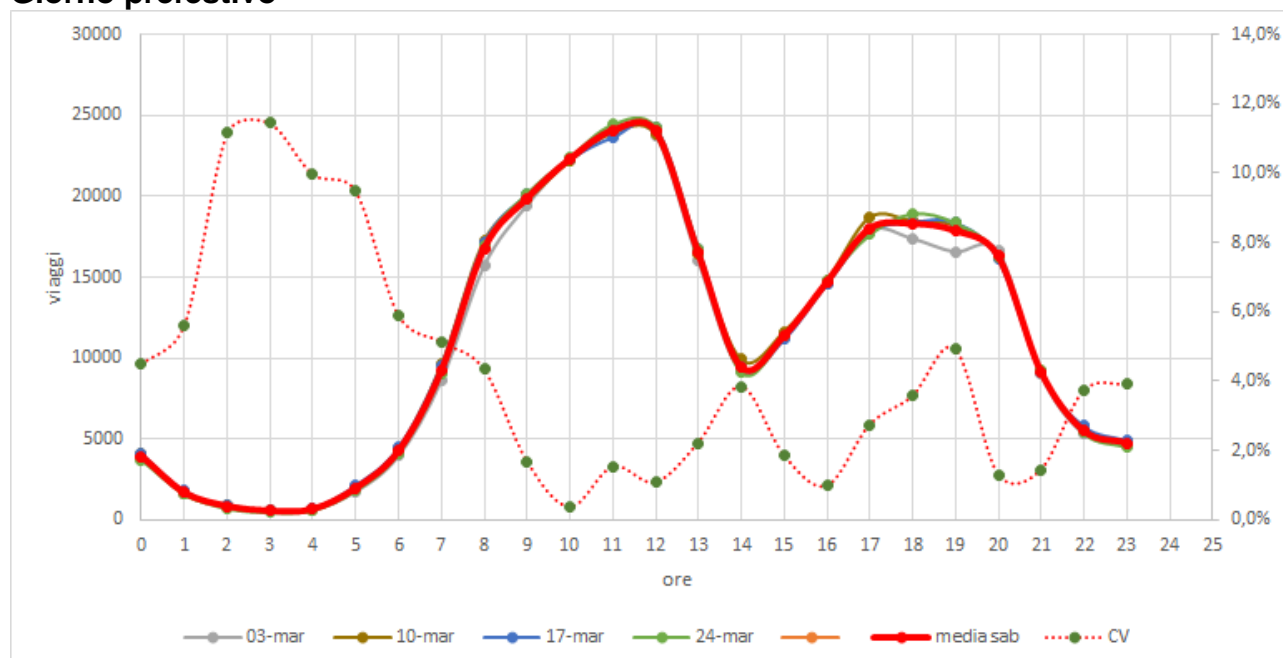
La mobilità complessiva del campione FCD nei giorni feriali e prefestivi non è molto diversa mediamente 285.000 viaggi nei feriali e 272.000 (95,5%) nei prefestivi, mentre si riduce a circa 198.000 viaggi nei giorni festivi (69%).

Il giorno feriale con più viaggi è il 28/3 con circa 302.831 viaggi, mentre quello con meno viaggi è il 22/3 con 254.343 viaggi; nei prefestivi il giorno con più viaggi è il 31/3 (Sabato Santo) con 293.840 viaggi e quello con meno il 3/3 con 266.190, infine la domenica con più viaggi è il 4/3 con 218.426 e quella con meno l'11/3 con 184.640 viaggi.

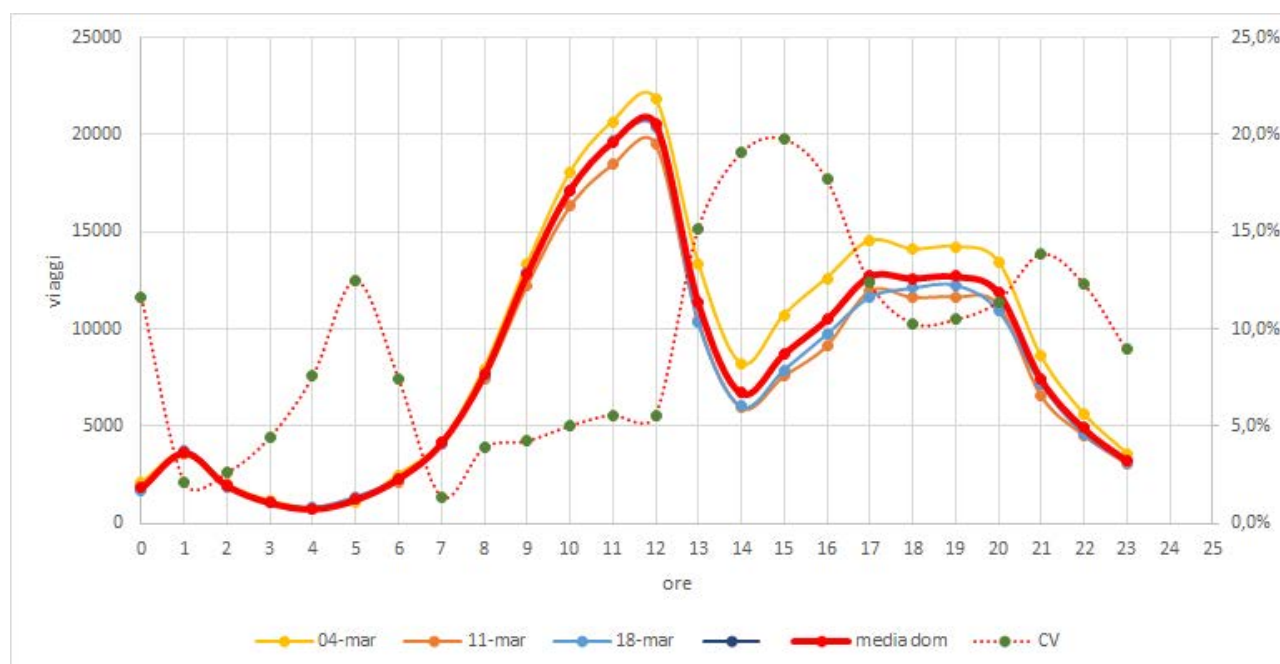
Giorno feriale



Giorno prefestivo



Giorno Festivo

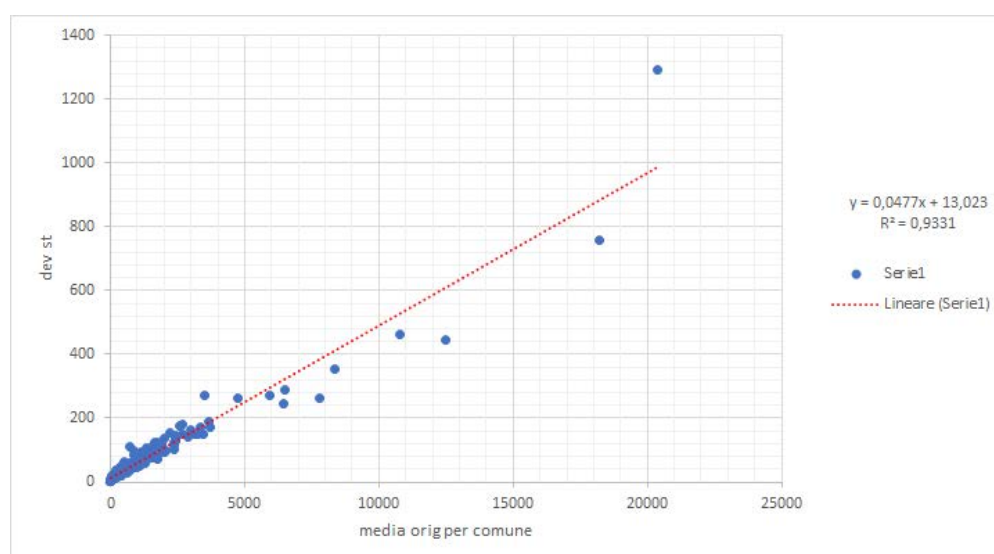


9.2 ANALISI ORIGINATI PER COMUNE (CAMPIONE)

Anche l'analisi degli originati per comune ha riguardato la variabilità dei dati.

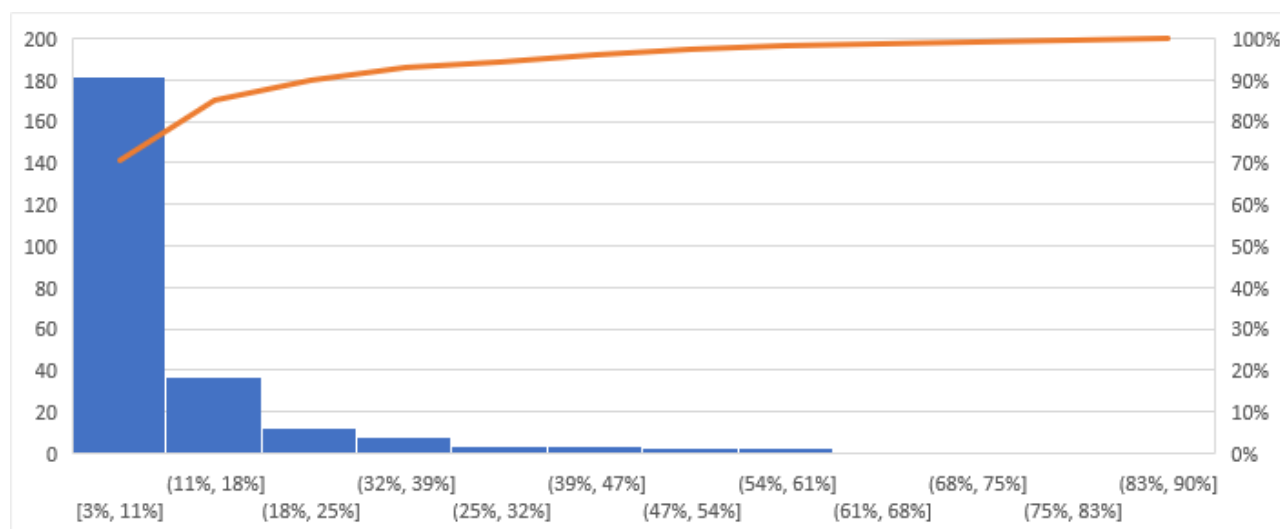
Considerando il tipo giorno feriale i 256 comuni della puglia originano nelle 24 ore mediamente 877 viaggi con una deviazione standard che mediamente vale 54 unità che corrisponde a una media dei CV comunali del 12,5%

È interessante osservare che la deviazione standard è fortemente correlata al valor medio, ovvero quanto più è elevato il flusso tanto più è elevata la deviazione standard, nel grafico che segue la correlazione fra media e dev.st.



Vale anche la pena di osservare con il diagramma di Pareto la distribuzione dei CV.

Come si vede nel grafico che segue più del 70% dei comuni hanno una variabilità in termini di CV compresa fra 3% e 11%, la quota sale all'85% se si considera un CV sino al 18%. segnale anche questo di una buona stabilità dei dati, anche a livello disaggregato.



9.3 LE MATRICI

9.3.1 LE MATRICI GIORNALIERE DEL CAMPIONE

Le Matrici OD (fra comuni) giornaliere hanno un grado di riempimento abbastanza basso: In media le celle con valori diversi da 0 per le matrici feriali sono poco più di 7100, che corrispondono a poco meno del 7% delle celle complessive. Il valore medio dei viaggi OD è 34,4. Sono invece circa 6500 le celle diverse da zero per giorni prefestivi e festivi.

Caratteristica peculiare delle matrici in oggetto è il peso della diagonale, ovvero dei viaggi intracomunali; sono mediamente intorno ai $\frac{3}{4}$ del totale, e come è facile osservare, anche dalla figura della pagina seguente, buona parte degli spostamenti intercomunali sono all'interno delle province di appartenenza, a conferma che la mobilità, almeno quella fotografata dai dati FCD, è una mobilità di prossimità.

La tabella che segue riporta a titolo di esempio la matrice campionaria aggregata per le province riferita al giorno 26/3/2018

	Avellino	Bari	Barletta-Andria-Trani	Benevento	Brindisi	Campobasso	Foggia	Lecce	Matera	Potenza	Taranto	totale
Avellino	0	55	43	0	6	0	102	3	0	0	3	212
Bari	39	66459	796	0	317	16	126	66	188	32	302	68341
Barletta-Andria-Trani	34	792	31236	0	9	25	252	8	3	24	9	32392
Benevento	0	1	1	0	0	0	5	0	0	0	0	7
Brindisi	5	350	11	0	29108	1	9	425	13	7	581	30510
Campobasso	0	6	16	0	0	0	135	4	0	0	3	164
Foggia	65	103	256	2	8	155	40951	3	3	57	6	41609
Lecce	2	68	8	0	501	3	4	80256	7	2	68	80919
Matera	0	187	5	0	14	0	4	6	0	0	70	286
Potenza	0	23	14	0	7	0	69	3	0	0	15	131
Taranto	4	301	8	0	569	4	11	82	67	13	27594	28653
Totale	149	68345	32394	2	30539	204	41668	80856	281	135	28651	283224

Qui di seguito la cartina con le province



La figura che segue riporta invece l'immagine della matrice OD, sempre del 26/3, con le celle colorate in funzione della quantità di viaggi (colori da verde a rosso per numerosità crescente dei viaggi), dove è evidente il peso della diagonale, dove si vedono alcune celle rosse, e il peso delle sottomatrici provinciali.



9.3.2 LE MATRICI FINALI RIPORTATE ALL'UNIVERSO (MEDIA FERIALE)

La matrice media feriale viene calcolata come media delle 20 singole matrici giornaliere, riportate all'universo) relative ai giorni da lunedì a venerdì.

Il coefficiente di riporto all'universo utilizzato è quello "regionale" rip1.

Per costruire questa matrice si è fatto riferimento alle "zone" e non ai comuni (898 zone totali comprendendo anche le zone "esterne" ovvero i comuni di confine) e si sono considerati tutti i giorni "validi" (giorni nei quali ci sono i dati di tutte le ore).

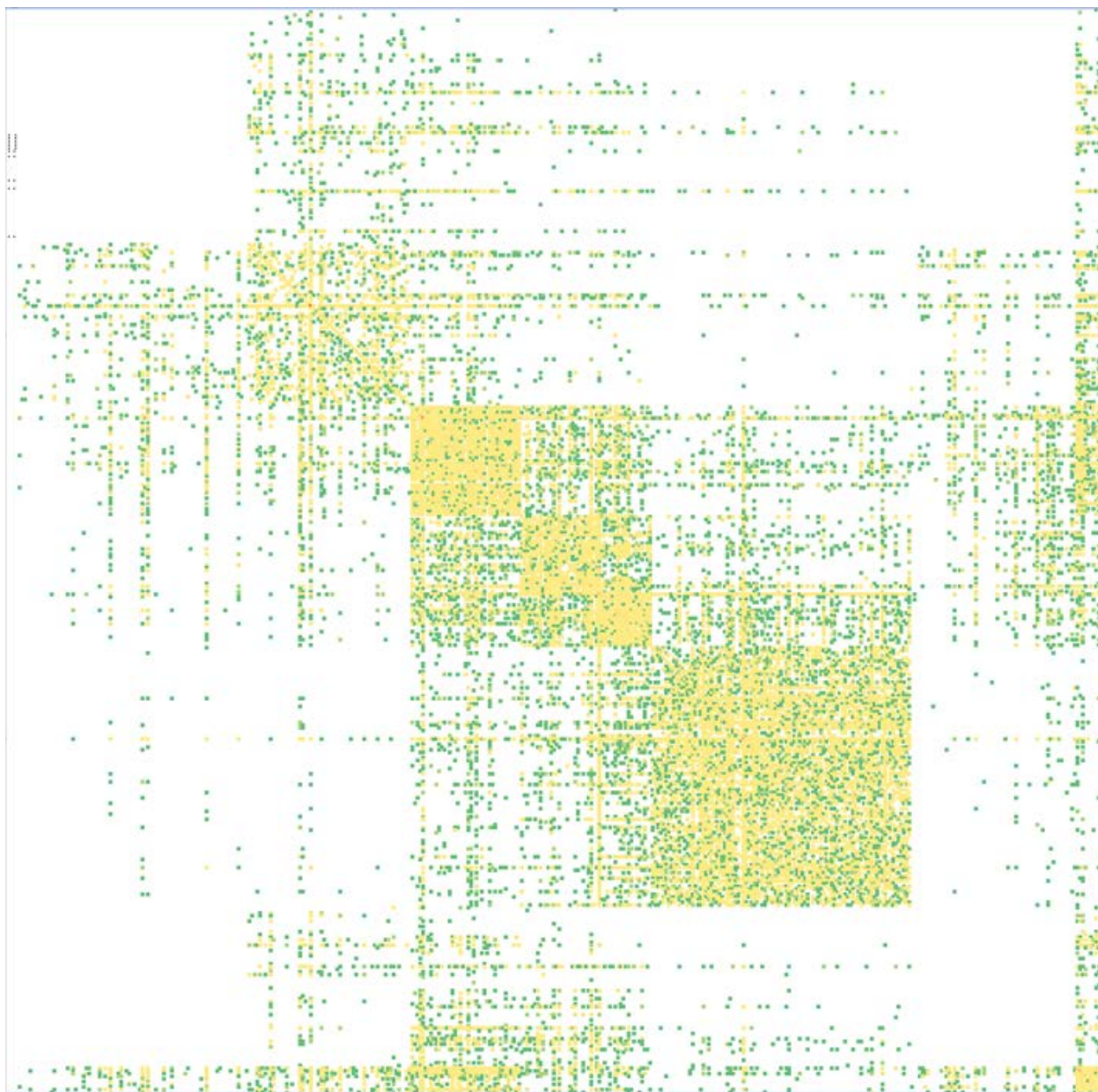
Il risultato è una matrice che ha:

- un numero di celle "attive" superiore al numero medio di celle "attive" nelle matrici giornaliere (91.000 contro 25.000; tre volte tante);
- un tasso di riempimento maggiore, pari al 9%, contro il 7,5% della matrice comune-comune;

- il numero di viaggi identico al numero di viaggi medio delle matrici giornaliere (3.220.000),

tutto ciò a testimonianza del fatto che la mobilità, in termini di relazioni OD e percorsi utilizzati, non si ripete nei giorni in modo assolutamente sistematico, ma è caratterizzata, come è giusto che sia, da una certa variabilità.

La figura che segue riporta ancora l'immagine della matrice OD 24h con le celle colorate in funzione della quantità di viaggi (colori da verde a rosso per numerosità crescente dei viaggi).



9.4 LA VERIFICA DEI FLUSSI SULLE SEZIONI ANAS

Come indicato nella descrizione della metodologia, l'ultimo passo è la verifica dei flussi FCD (riportati all'universo) proiettati sulle sezioni di conteggio fornite dall'ANAS.

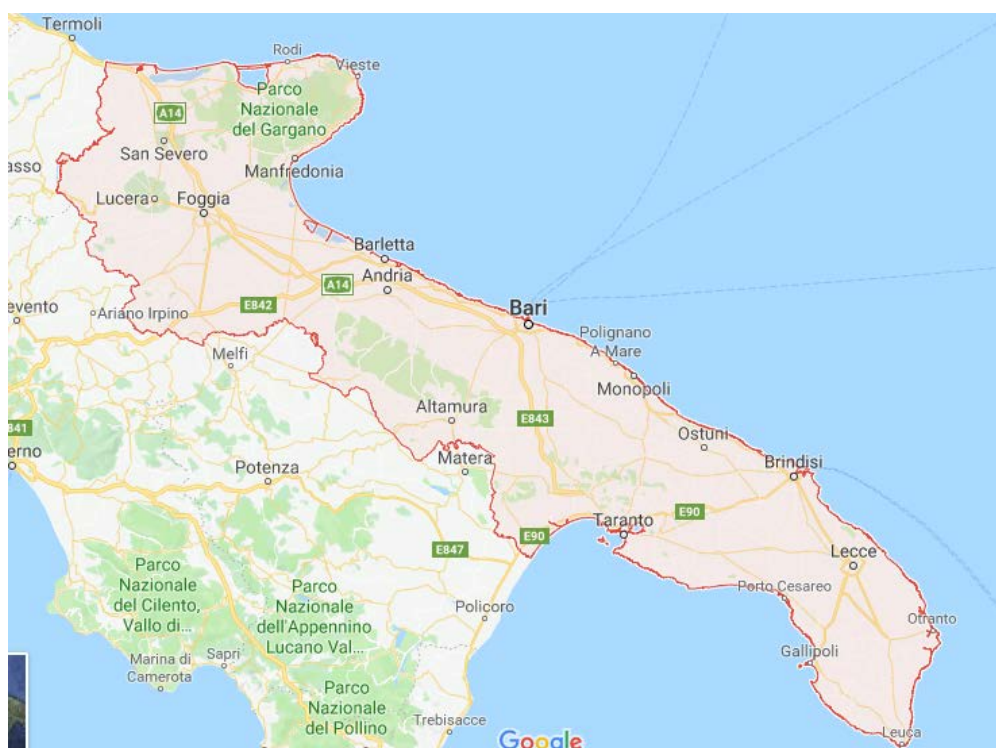
Nei successivi paragrafi vengono illustrati i dati dell'ANAS e i risultati del confronto dei flussi.

9.4.1 I DATI DI TRAFFICO DELL'ANAS

Per la regione Puglia il compartimento ANAS ha potenzialmente a disposizione i dati di traffico misurati su 96 sezioni distribuite su 37 strade della rete regionale.

La rete stradale della regione Puglia ha le caratteristiche riportate nella tabella che segue:

Provincia	Autostrade (Km)	Strade di interesse nazionale (Km)	Strade Regionali (Km)	Strade Provinciali (Km)	Strade da classificare (Km)	Estesa totale (Km)
Bari	78	251	-	1.565	-	1.893
Barletta-Andria-Trani	44	131	-	584	-	759
Brindisi	-	136	-	927	-	1.063
Foggia	170	636	20	2.741	2	3.569
Lecce	-	236	-	2.196	-	2.432
Taranto	23	212	-	1.191	108	1.533
Totale Puglia	314	1.602	20	9.204	110	11.250

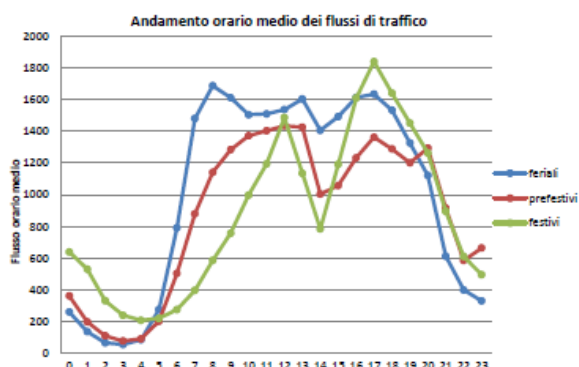


La rete di interesse nazionale ha una estesa di 1600 km, quindi in media su questa rete si ha una stazione di rilevazione traffico ogni 16 km circa

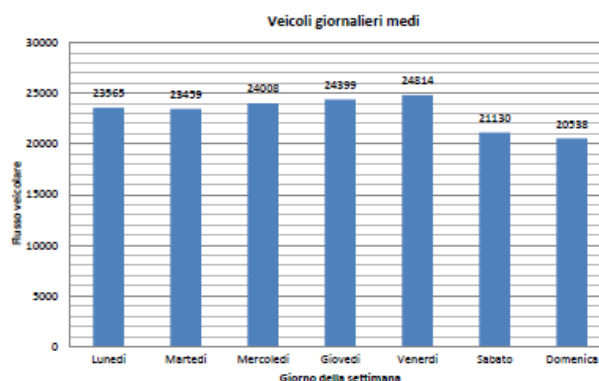
Le informazioni “standard” fornite per ogni sezione sono pubblicate trimestralmente e sono disponibili in report pdf come da figura che segue.

Tratta n. 277: SS16, Km 982.759, Melpignano(LE)

Direzione del Flusso	Consistenza Dati Pervenuti/Attesi	Veicoli Leggeri Volumi medi negli intervalli			Veicoli Pesanti Volumi medi negli intervalli			Velocità medie nei periodi tutte le classi		
		06:00-20:00	20:00-22:00	22:00-06:00	06:00-20:00	20:00-22:00	22:00-06:00	06:00-20:00	20:00-22:00	22:00-06:00
flusso ascendente	100,00%	8818	1002	1046	440	16	28	102	104	105
flusso discendente	100,00%	9618	830	870	457	15	20	101	103	103



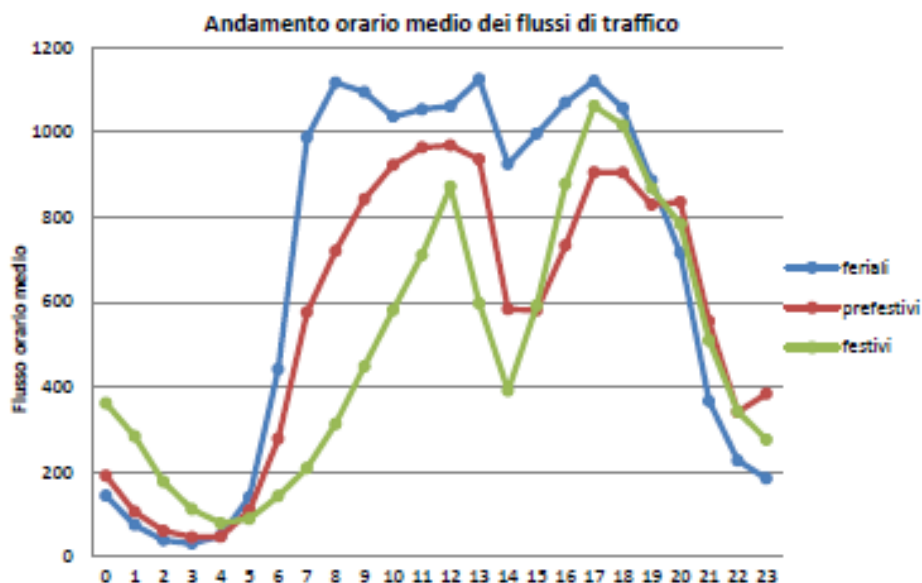
Giorno di punta del periodo: **giovedì 29 marzo 2018**
Volume giornaliero di punta: **27698 [veicoli/giorno]**



Ora di punta: **domenica 4 marzo 2018 ore 17:00-18:00**
Flusso dell'ora di punta: **2123 [veicoli/ora]**

Giornate con rilevamenti completi: 90

L'informazione utile agli scopi del presente lavoro è l'andamento nelle ore del giorno del traffico. A titolo esemplificativo nella figura che segue si riporta l'andamento del flusso orario in una sezione per le diverse tipologie giorno.



Nel caso della regione Puglia le sezioni (bidirezionali) con dati disponibili fornite dall'ANAS sono, come detto, 96 relative tutte a strade Statali.

Qui di seguito l'elenco con la denominazione, il comune di appartenenza e le coordinate delle 96 sezioni.

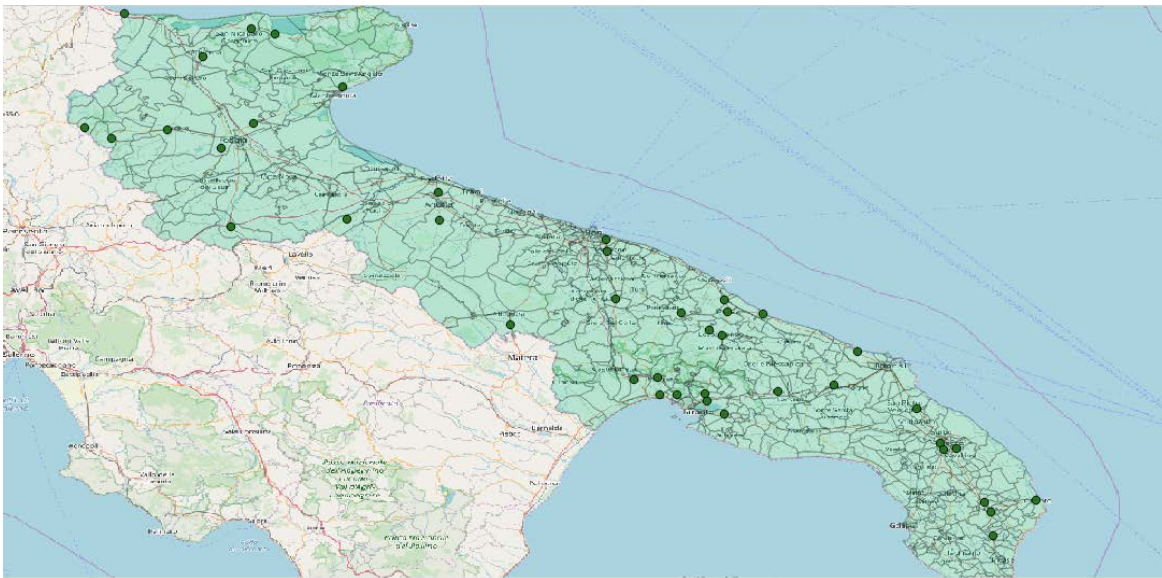
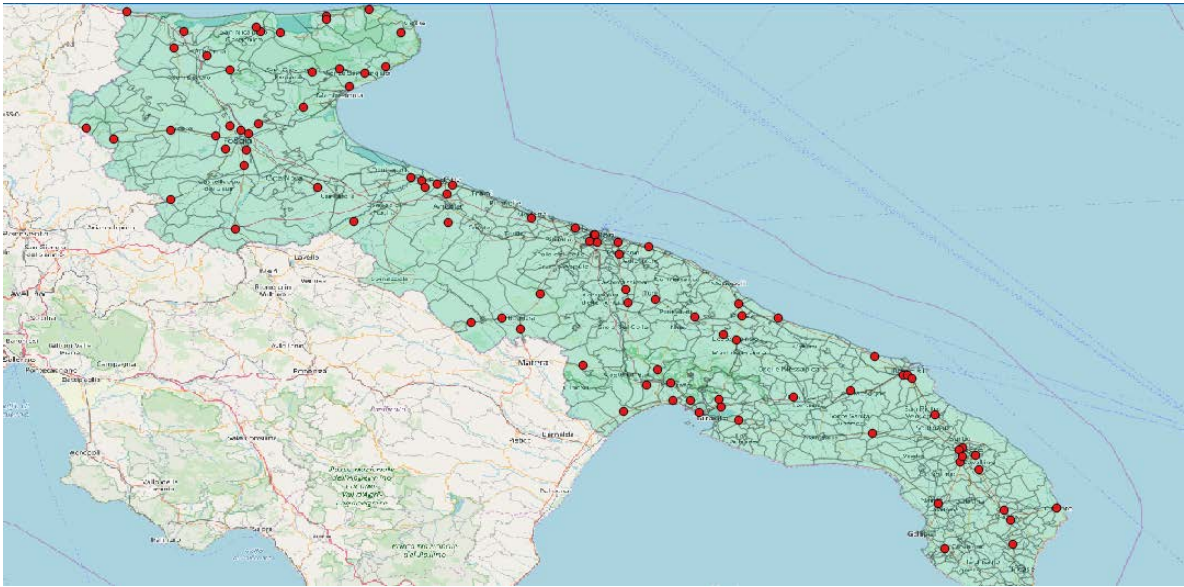
sezioni conteggio traffico Regione PUGLIA						
num	provincia	validità	lat	long	nome file	nome foglio
1	FG	ok	41,923870000	15,141986667	strada_ss16.xlsx	Tratta n.16035 - SS16, 607+151,
2	FG	vuota	41,794465000	15,310763333	strada_ss16.xlsx	Tratta n.261 - SS16, 630+411, A
3	FG	vuota	41,513471667	15,511193333	strada_ss16.xlsx	Tratta n.16036 - SS16, 668+635,
4	FG	vuota	41,295418333	15,827490000	strada_ss16.xlsx	Tratta n.265 - SS16, 705+137, C
5	FG	ok	41,505348333	14,998848333	strada_ss17.xlsx	Tratta n.16034 - SS17, 279+115,
6	FG	ok	41,499238333	15,298530000	strada_ss17.xlsx	Tratta n.3055 - SS17, 317+590,
7	FG	ko	41,480193333	15,463413333	strada_ss17.xlsx	Tratta n.283 - SS17, 332+184, L
8	FG	ok	41,468518333	15,094836667	strada_ss17var.xlsx	Tratta n.3447 - SS17var, 7+779,
9	FG	ok	41,764498333	15,428548333	strada_ss89.xlsx	Tratta n.655 - SS89, 10+383, Ap
10	FG	ok	41,850625000	16,126083333	strada_ss89.xlsx	Tratta n.16043 - SS89, 110+639,
11	FG	ok	41,655330000	15,941793333	strada_ss89.xlsx	Tratta n.658 - SS89, 161+883, M
12	FG	vuota	41,581805000	15,775628333	strada_ss89.xlsx	Tratta n.3445 - SS89, 179+428,
13	FG	ok	41,520566667	15,616981667	strada_ss89.xlsx	Tratta n.659 - SS89, 194+448, F
14	FG	vuota	41,852331667	15,622515000	strada_ss89.xlsx	Tratta n.16040 - SS89, 33+248,
15	FG	ok	41,907983333	15,858801667	strada_ss89.xlsx	Tratta n.656 - SS89, 64+023, Is
16	FG	ok	41,931951667	16,014465000	strada_ss89.xlsx	Tratta n.292 - SS89, 85+997, Pe
17	FG	ok	41,701680000	15,996650000	strada_ss89dir-b.xlsx	Tratta n.662 - SS89dir-b, 8+452
18	FG	vuota	41,248511667	15,300543333	strada_ss90.xlsx	Tratta n.16033 - SS90, 50+424,
19	FG	ok	41,432656667	15,495341667	strada_ss90.xlsx	Tratta n.666 - SS90, 79+706, Fo
20	FG	vuota	41,715565000	15,512968333	strada_ss272.xlsx	Tratta n.1254 - SS272, 10+845,
21	FG	ok	41,707800000	15,809635000	strada_ss272.xlsx	Tratta n.1256 - SS272, 39+177,
22	FG	ok	41,719959000	15,907478000	strada_ss272.xlsx	Tratta n.3075 - SS272, 49+469,
23	FG	ok	41,144146667	15,534006667	strada_ss655.xlsx	Tratta n.657 - SS655, 31+527, C
24	FG	ok	41,373453333	15,564246667	strada_ss655.xlsx	Tratta n.3454 - SS655, 5+698, F
25	FG	ok	41,427288333	15,570848333	strada_ss673.xlsx	Tratta n.264 - SS673, 15+690, F
26	FG	vuota	41,497603333	15,552520000	strada_ss673.xlsx	Tratta n.16037 - SS673, 2+799,
27	FG	vuota	41,484911667	15,580028333	strada_ss673.xlsx	Tratta n.16038A - SS673, 5+546,
28	FG	vuota	41,725426667	16,071188333	strada_ss688.xlsx	Tratta n.3448 - SS688, 6+916, M
29	FG	ko	41,852858333	15,348373333	strada_ss693.xlsx	Tratta n.10070 - SS693, 1+932,
30	FG	ok	41,867340000	15,608911667	strada_ss693.xlsx	Tratta n.16039 - SS693, 24+477,
31	FG	ok	41,847791667	15,694741667	strada_ss693.xlsx	Tratta n.16041 - SS693, 32+632,
32	FG	vuota	41,896255000	15,860373333	strada_ss693.xlsx	Tratta n.16042 - SS693, 51+376,
33	BA	ko	41,184878333	16,593581667	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16027A - SS16, 777+320
34	BA	ok	41,148465000	16,751123333	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16026D - SS16, 791+767
35	BA	vuota	41,124411000	16,820551000	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.160472 - SS16, 797+650
36	BA	ko	41,124411667	16,821935000	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.160471 - SS16, 797+668
37	BA	ko	41,095840000	16,831676667	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16024D - SS16, 800+729
38	BA	ok	41,098651667	16,908043333	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16023A - SS16, 806+547
39	BA	vuota	41,082691000	17,015424000	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.994 - SS16, 815+522, B
40	BA	ok	40,876343333	17,340358333	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.272 - SS16, 853+433, M
41	BA	ko	41,102051667	16,805433333	BA_Strada_SS96.xlsx	Tratta n.16025A - SS96, 120+065
42	BA	ok	40,809671667	16,380768333	BA_Strada_SS96.xlsx	Tratta n.689 - SS96, 64+234, Gr
43	BA	ko	40,824626667	16,488826667	BA_Strada_SS96.xlsx	Tratta n.16028 - SS96, 75+595,
44	BA	vuota	40,913028333	16,628440000	BA_Strada_SS96.xlsx	Tratta n.690 - SS96, 92+824, Al
45	BA	ok	40,785340000	16,555503333	BA_Strada_SS99.xlsx	Tratta n.1001 - SS99, 5+074, Al
46	BA	ko	40,926958333	16,932656667	BA_Strada_SS100.xlsx	Tratta n.16021A - SS100, 24+147
47	BA	ok	40,879051000	16,941152000	BA_Strada_SS100.xlsx	Tratta n.704 - SS100, 29+785, S
48	BA	ok	41,054760000	16,910405000	BA_Strada_SS100.xlsx	Tratta n.16022D - SS100, 9+293,

sezioni conteggio traffico Regione PUGLIA						
num	provincia	validità	lat	long	nome file	nome foglio
49	BA	vuota	40,891640000	17,041970000	BA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.999 - SS172, 12+844, T
50	BA	ok	40,828101667	17,181458333	BA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.16005 - SS172, 26+843,
51	BA	ok	40,748183333	17,329795000	BA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.16019 - SS172, 44+043,
52	BT	vuota	41,328148333	16,160661667	BT_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.266 - SS16, 735+554, T
53	BT	vuota	41,317820000	16,201013333	BT_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16031A - SS16, 739+285
54	BT	ko	41,304591667	16,255516667	BT_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16030A - SS16, 744+145
55	BT	ko	41,302253333	16,313066667	BT_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16029D - SS16, 749+166
56	BT	ok	41,171058333	15,958870000	BT_Strada_SS93.xlsx	Tratta n.680 - SS93, 33+381, Ca
57	BT	ok	41,294196667	16,214716667	BT_Strada_SS93.xlsx	Tratta n.679 - SS93, 6+273, Bar
58	BT	ok	41,167111667	16,297723333	BT_Strada_SS170DIR-A.xlsx	Tratta n.16032 - SS170dir-a, 10
59	BT	ok	41,268240000	16,292130000	BT_Strada_SS170DIR-A.xlsx	Tratta n.995 - SS170dir-a, 22+8
60	BR	ok	40,542811667	17,536926667	BR_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16010D - SS7, 677+071,
61	BR	ok	40,563593333	17,742318333	BR_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16009A - SS7, 696+023,
62	BR	vuota	40,411673333	17,820010000	BR_Strada_SS7TER.xlsx	Tratta n.136 - SS7ter, 53+000,
63	BR	ok	40,620598333	17,930003333	BR_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.274 - SS16, 915+786, B
64	BR	ko	40,618653333	17,945221667	BR_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.160452 - SS16, 917+131
65	BR	ok	40,831180000	17,350358333	BR_Strada_SS172DIR.xlsx	Tratta n.1003 - SS172dir, 9+518
66	BR	ok	40,688146667	17,826743333	BR_Strada_SS379.xlsx	Tratta n.3205 - SS379, 41+669,
67	BR	ok	40,823950000	17,480063333	BR_Strada_SS379.xlsx	Tratta n.16020A - SS379, 8+177,
68	BR	vuota	40,608826667	17,962173333	BR_Strada_SS613.xlsx	Tratta n.160451 - SS613, 1+773,
69	LE	ok	40,332311667	18,188338333	LE_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16007A - SS16, 958+720
70	LE	ok	40,282981667	18,200566667	LE_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.276 - SS16, 964+483, C
71	LE	ok	40,137263333	18,291465000	LE_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.277 - SS16, 982+759, M
72	LE	vuota	40,160830000	18,057128333	LE_Strada_SS101.xlsx	Tratta n.708 - SS101, 23+608, G
73	LE	vuota	40,309818333	18,136605000	LE_Strada_SS101.xlsx	Tratta n.707 - SS101, 5+265, Le
74	LE	ko	39,834590000	18,312536667	LE_Strada_SS274.xlsx	Tratta n.3208 - SS274, 36+291,
75	LE	ok	39,997705000	18,079745000	LE_Strada_SS274.xlsx	Tratta n.1259 - SS274, 7+499, T
76	LE	ok	40,014435000	18,324235000	LE_Strada_SS275.xlsx	Tratta n.3100 - SS275, 12+771,
77	LE	ok	40,099518333	18,314658333	LE_Strada_SS275.xlsx	Tratta n.16003A - SS275, 2+805,
78	LE	ok	39,825046000	18,368674000	LE_Strada_SS275.xlsx	Tratta n.16002 - SS275, 35+438,
79	LE	ok	39,801266667	18,367445000	LE_Strada_SS275.xlsx	Tratta n.16001 - SS275, 38+298,
80	LE	ok	40,478251667	18,045645000	LE_Strada_SS613.xlsx	Tratta n.3207 - SS613, 18+068,
81	LE	vuota	40,361438333	18,142345000	LE_Strada_SS694.xlsx	Tratta n.125 - SS694, 1+349, Le
82	LE	ok	40,354058333	18,131475000	LE_Strada_SS694.xlsx	Tratta n.16008A - SS694, 2+612,
83	LE	ok	40,327248333	18,144263333	LE_Strada_SS694.xlsx	Tratta n.16006D - SS694, 6+530,
84	LE	ok	40,144256667	18,480076667	LE_Strada_SS695.xlsx	Tratta n.16004 - SS695, 0+719,
85	TA	ok	40,656593333	16,782343333	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.1255 - SS7, 598+442, L
86	TA	ok	40,585898333	17,006963333	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16018 - SS7, 623+684,
87	TA	ok	40,591081667	17,097215000	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16016 - SS7, 632+371,
88	TA	ok	40,530656667	17,166673333	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16014 - SS7, 641+431,
89	TA	ok	40,508168333	17,275978333	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16012A - SS7, 653+404,
90	TA	ok	40,460371667	17,338721667	TA_Strada_SS7TER.xlsx	Tratta n.16011 - SS7ter, 10+556
91	TA	ko	40,638201667	17,050008333	TA_Strada_SS100.xlsx	Tratta n.16017A - SS100, 61+321
92	TA	vuota	40,490766667	16,925286667	TA_Strada_SS106.xlsx	Tratta n.735 - SS106, 464+527,
93	TA	ok	40,530956667	17,102773333	TA_Strada_SS106.xlsx	Tratta n.16015A - SS106, 480+50
94	TA	ok	40,487976667	17,196563333	TA_Strada_SS106.xlsx	Tratta n.160462 - SS106, 489+88
95	TA	ok	40,764306667	17,282823333	TA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.1000 - SS172, 39+273,
96	TA	ok	40,534218333	17,269348333	TA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.16013D - SS172, 69+685

In realtà, delle 96 sezioni solo 66 risultano avere dati e solo 44 risultano avere dati affidabili e utili per le elaborazioni (rilevazione per almeno il 90% dei giorni, conteggi in entrambe le direzioni e flusso giornaliero per direzione superiore ai 1000 veicoli/giorno).

Le figure che seguono riportano: la localizzazione geografica delle 96 sezioni e la localizzazione delle 44 sezioni valide per le analisi; che risultano comunque ben distribuite sul territorio.

Nella tabella della pagina successiva sono riportate, per le 44 sezioni del set di sezioni valide, i valori dei flussi giornalieri distinti per tipo di veicolo e per direzione del flusso.



sezioni conteggio traffico Regione PUGLIA				feriali		sabato		domenica		feriali			sabato			domenica		
num	provincia	nome file	nome foglio	pesanti	leggeri	pesanti	leggeri	pesanti	leggeri	ascenden ti	discenden ti	rapporto A/D	ascenden ti	discenden ti	rapporto A/D	ascenden ti	discenden ti	rapporto A/D
1	FG	strada_ss16.xlsx	Tratta n.16035 - SS16, 607+151,	1505	4218	641	4627	281	4350	2867	2828	1,01	2820	2431	1,16	2376	2248	1,06
5	FG	strada_ss17.xlsx	Tratta n.16034 - SS17, 279+115,	238	1881	98	1638	48	1672	1035	1063	1,03	875	842	1,04	854	852	1,00
6	FG	strada_ss17.xlsx	Tratta n.3055 - SS17, 317+590,	313	4300	152	3948	40	3404	2301	2287	1,01	2002	2080	1,04	1726	1707	1,01
8	FG	strada_ss17var.xlsx	Tratta n.3447 - SS17var, 7+779,	262	2407	114	1906	50	1991	1331	1315	1,01	988	1011	1,02	1030	995	1,04
9	FG	strada_ss89.xlsx	Tratta n.655 - SS89, 10+383, Ap	461	7146	270	7090	53	5630	3579	4015	1,12	3473	3869	1,11	2668	3037	1,14
11	FG	strada_ss89.xlsx	Tratta n.658 - SS89, 161+883, M	288	6603	245	6719	57	5690	3084	3773	1,22	3054	3887	1,27	2738	3004	1,10
13	FG	strada_ss89.xlsx	Tratta n.659 - SS89, 194+448, F	811	12306	570	10407	320	10742	6742	6347	1,06	5638	5320	1,06	6078	4994	1,22
19	FG	strada_ss90.xlsx	Tratta n.666 - SS90, 79+706, Fo	239	3097	155	2663	51	2670	1865	1442	1,29	1584	1212	1,31	1512	1202	1,26
23	FG	strada_ss655.xlsx	Tratta n.657 - SS655, 31+527, C	2323	5838	934	5061	306	4850	4084	4056	1,01	3155	2822	1,12	2467	2679	1,09
30	FG	strada_ss693.xlsx	Tratta n.16039 - SS693, 24+477,	206	2683	101	2350	41	1935	1482	1376	1,08	1306	1127	1,16	957	1005	1,05
31	FG	strada_ss693.xlsx	Tratta n.16041 - SS693, 32+632,	201	2838	105	2467	28	2016	1543	1465	1,05	1391	1165	1,19	1008	1021	1,01
38	BA	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16023A - SS16, 806+547	3972	62400	2030	57512	748	55103	37822	28294	1,34	33001	26521	1,24	29360	26653	1,10
40	BA	BA_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.272 - SS16, 853+433, M	3377	27814	1702	25417	826	26012	15749	15481	1,02	14251	12847	1,11	13237	13675	1,03
45	BA	BA_Strada_SS99.xlsx	Tratta n.1001 - SS99, 5+074, Al	875	12028	399	12892	203	10774	6816	6910	1,01	6783	6625	1,02	5489	5873	1,07
47	BA	BA_Strada_SS100.xlsx	Tratta n.704 - SS100, 29+785, S	2340	16991	1028	15226	586	16060	9878	9420	1,05	8414	7821	1,08	8447	8230	1,03
48	BA	BA_Strada_SS100.xlsx	Tratta n.16022D - SS100, 9+293,	3942	43195	1535	34603	543	29682	23410	23436	1,00	18399	17719	1,04	15638	14690	1,06
50	BA	BA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.16005 - SS172, 26+843,	427	7473	232	6890	65	6480	3739	4123	1,10	3416	3688	1,08	3016	3534	1,17
51	BA	BA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.16019 - SS172, 44+043,	539	13462	268	13272	112	12162	7190	6787	1,06	6921	6600	1,05	6389	5932	1,08
56	BT	BT_Strada_SS93.xlsx	Tratta n.680 - SS93, 33+381, Ca	776	2437	221	2471	83	2070	1643	1542	1,07	1341	1334	1,01	1093	1048	1,04
58	BT	BT_Strada_SS170DIR-A.xlsx	Tratta n.16032 - SS170dir-a, 10	61	1837	65	2666	22	3322	952	926	1,03	1320	1394	1,06	1731	1603	1,08
59	BT	BT_Strada_SS170DIR-A.xlsx	Tratta n.995 - SS170dir-a, 22+8	876	16814	551	15205	260	12580	8864	8929	1,01	7811	7927	1,01	6296	6585	1,05
60	BR	BR_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16010D - SS7, 677+071,	1337	9758	493	7633	186	8099	5779	5258	1,10	4836	3270	1,48	4219	4069	1,04
61	BR	BR_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16009A - SS7, 696+023,	1401	19495	491	16405	234	16145	10653	10224	1,04	8743	8134	1,07	8175	8223	1,01
65	BR	BR_Strada_SS172DIR.xlsx	Tratta n.1003 - SS172dir, 9+518	703	14163	319	13118	122	12552	7759	7088	1,09	7287	6836	1,07	6424	6283	1,02
66	BR	BR_Strada_SS379.xlsx	Tratta n.3205 - SS379, 41+669,	2563	18142	1148	14617	528	16015	10530	10205	1,03	8305	7443	1,12	8222	8333	1,01
67	BR	BR_Strada_SS379.xlsx	Tratta n.16020A - SS379, 8+177,	2759	15890	1220	13180	485	13871	9748	8923	1,09	8074	6304	1,28	7209	7154	1,01
69	LE	LE_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.16007A - SS16, 958+720	583	24545	238	21630	83	17808	10279	14860	1,45	8667	13184	1,52	7166	10797	1,51
71	LE	LE_Strada_SS16.xlsx	Tratta n.277 - SS16, 982+759, M	1160	23684	646	21348	469	20946	12213	12620	1,03	10933	11042	1,01	10367	11115	1,07
76	LE	LE_Strada_SS275.xlsx	Tratta n.3100 - SS275, 12+771,	438	12025	160	11032	57	10135	6135	6326	1,03	5474	5695	1,04	4953	5253	1,06
77	LE	LE_Strada_SS275.xlsx	Tratta n.16003A - SS275, 2+805,	678	15690	287	14127	88	11468	9313	7066	1,32	8231	6160	1,34	6726	4860	1,38
78	LE	LE_Strada_SS275.xlsx	Tratta n.16002 - SS275, 35+438,	90	3422	66	3810	10	3882	2023	1467	1,38	2273	1583	1,44	2237	1647	1,36
79	LE	LE_Strada_SS275.xlsx	Tratta n.16001 - SS275, 38+298,	30	2286	23	3155	10	4446	1158	1138	1,02	1637	1521	1,08	2262	2184	1,04
80	LE	LE_Strada_SS613.xlsx	Tratta n.3207 - SS613, 18+068,	2736	25137	1151	22086	623	22809	14080	13821	1,02	12154	11066	1,10	11243	12238	1,09
82	LE	LE_Strada_SS694.xlsx	Tratta n.16008A - SS694, 2+612,	2240	35556	870	28431	270	24722	20114	17712	1,14	15649	13632	1,15	13293	11760	1,13
83	LE	LE_Strada_SS694.xlsx	Tratta n.16006D - SS694, 6+530,	1759	37561	683	28691	226	23538	18492	20836	1,13	14451	14903	1,03	11250	12558	1,12
84	LE	LE_Strada_SS695.xlsx	Tratta n.16004 - SS695, 0+719,	111	4145	77	4443	40	4990	2229	2006	1,11	2396	2106	1,14	2512	2508	1,00
86	TA	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16018 - SS7, 623+684,	331	9130	211	7678	57	5758	4881	4549	1,07	4044	3823	1,06	3030	2784	1,09
87	TA	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16016 - SS7, 632+371,	1763	15507	747	13482	211	12718	9427	7814	1,21	7737	6476	1,19	6985	5972	1,17
88	TA	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16014 - SS7, 641+431,	1636	14585	792	11347	224	11144	8371	7823	1,07	6115	6000	1,02	5716	5666	1,01
89	TA	TA_Strada_SS7.xlsx	Tratta n.16012A - SS7, 653+404,	2034	28656	851	23850	262	18375	14473	16076	1,11	12112	12571	1,04	8006	10657	1,33
90	TA	TA_Strada_SS7TER.xlsx	Tratta n.16011 - SS7ter, 10+556	734	21469	349	19909	80	17374	10605	11586	1,09	9910	10331	1,04	8359	9154	1,10
93	TA	TA_Strada_SS106.xlsx	Tratta n.16015A - SS106, 480+50	2260	12403	806	9607	272	8218	6813	7837	1,15	4878	5513	1,13	3973	4520	1,14
95	TA	TA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.1000 - SS172, 39+273,	283	6304	144	5763	63	4452	3362	3199	1,05	3023	2866	1,05	2327	2187	1,06
96	TA	TA_Strada_SS172.xlsx	Tratta n.16013D - SS172, 69+685	834	17423	405	15558	119	12785	8773	9481	1,08	7345	8598	1,17	6399	6544	1,02
			valori medi	1193	14653	536	12862	215	11851	8027	7812	1,10	6869	6530	1,13	6026	6069	1,10
			percentuali	7,5%	92,5%	4,0%	96,0%	1,8%	98,2%									

Le 44 sezioni (88 sezioni monodirezionali) presentano un campo dei valori di flusso giornaliero che va da circa 1.000 veic/giorno a poco meno di 37.000 veic/giorno, garantendo quindi una buona distribuzione dei valori nel campo stesso.

Come si vede in tabella i dati sono distinti per tipo giorno; la distinzione per tipo di veicolo è invece presente solo per i valori complessivi della sezione e non per la loro articolazione “direzionale” (ascendenti e discendenti).

L’incidenza del traffico pesante è mediamente del 7,5% nei giorni feriali ed è del 4% il sabato e inferiore al 2% la domenica.

9.4.2 IL CONFRONTO

Per effettuare il confronto tra flussi misurati dall’ANAS e flussi ottenuti proiettando le tracce FCD, sarà necessario considerare anche il valore medio del traffico ottenuto propagando gli FCD.

Per farlo si parte dai file generati elaborando i file viaggi per ciascuna giornata; questi file riportano i viaggi (codice ID) e le sezioni di conteggio “attraversate”. Mediante il codice ID del viaggio è poi possibile risalire al coefficiente di riporto all’universo ottenendo così i flussi di traffico che interessano le sezioni di conteggio ANAS.

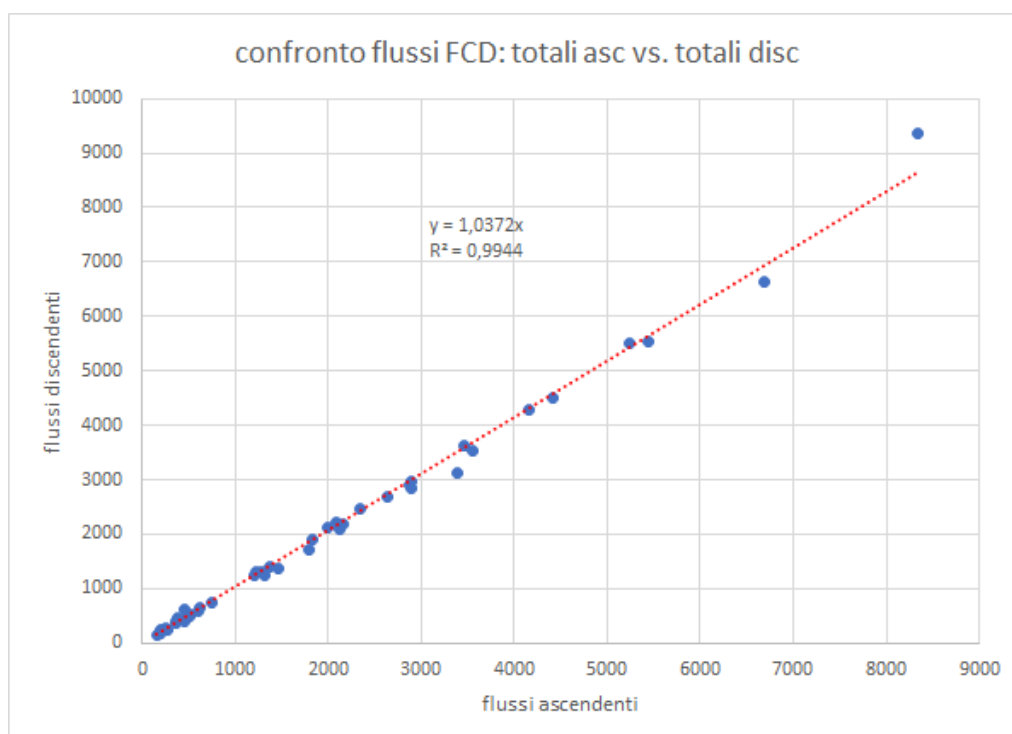
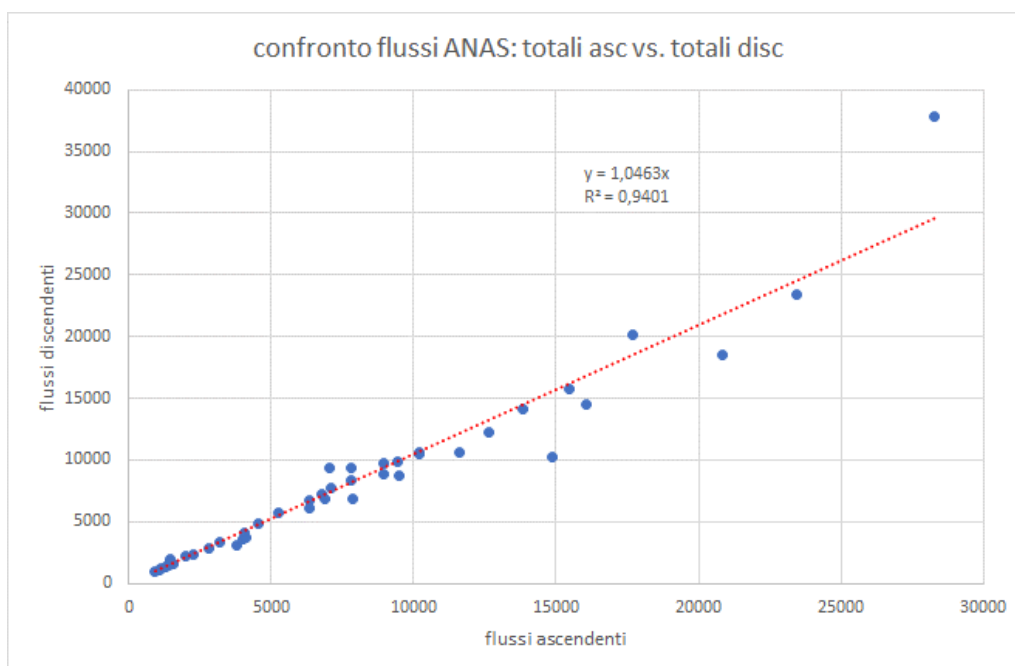
La tabella che segue riporta per ciascuna delle 44 sezioni i dati dei conteggi ANAS e i dati dei flussi FCD riportati all’universo e propagati sulle sezioni.

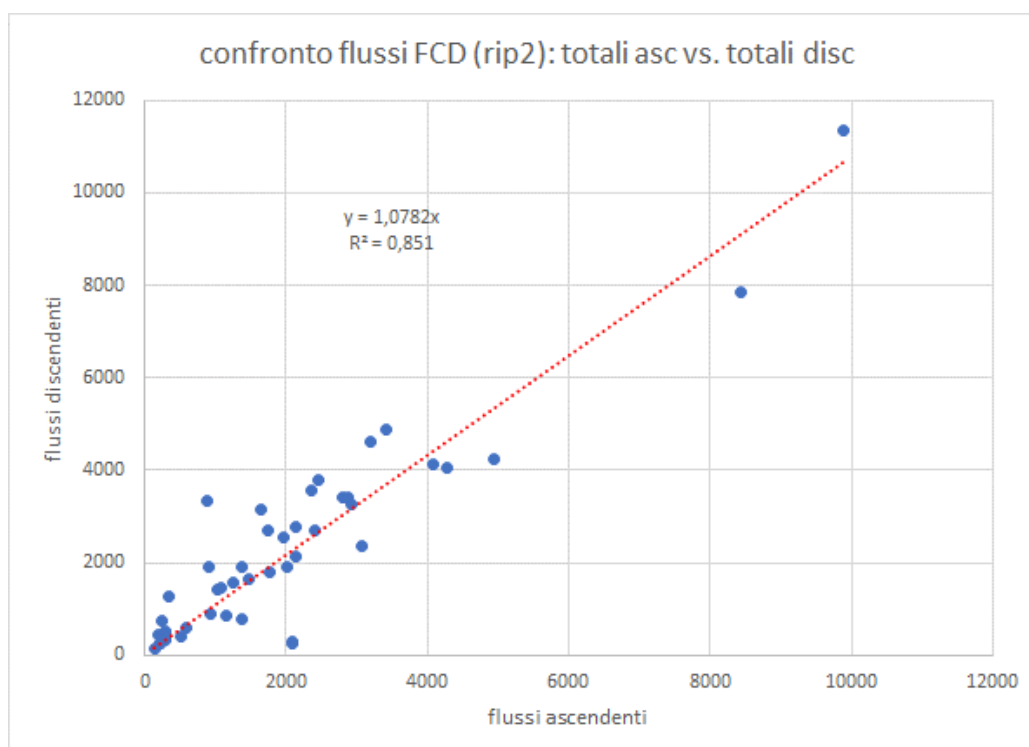
flussi FCD rip univ (auto)					flussi feriali totali ANAS	
sez asc ▼	asecende nti ▼	sez disc ▼	discende nti ▼	totali ▼	stima pesanti ▼	stima leggeri ▼
1A	392	1D	352	744	1498	4197
5A	150	5D	149	299	236	1862
6A	375	6D	374	749	312	4276
8A	219	8D	200	418	259	2387
9A	678	9D	660	1338	460	7134
11A	533	11D	532	1065	287	6570
13A	1238	13D	1324	2562	809	12280
19A	414	19D	466	881	237	3070
23A	489	23D	504	993	2317	5823
30A	236	30D	223	459	204	2654
31A	238	31D	221	459	199	2809
38A	9300	38D	8419	17719	3957	62159
40A	4317	40D	4288	8605	3382	27848
45A	1172	45D	1147	2319	930	12796
47A	2089	47D	2024	4114	2336	16962
48A	6639	48D	6725	13364	3918	42928
50A	750	50D	735	1485	425	7437
51A	1328	51D	1215	2543	538	13439
56A	313	56D	285	599	770	2415
58A	177	58D	186	363	61	1817
59A	2724	59D	2657	5381	881	16912
60A	2217	60D	2189	4405	1330	9707
61A	3685	61D	3510	7195	1399	19478
65A	1301	65D	1260	2561	702	14145
66A	2906	66D	3042	5948	2566	18169
67A	2991	67D	3012	6004	2762	15909
69A	2968	69D	2840	5808	583	24556
71A	3459	71D	3446	6905	1160	23673
76A	2071	76D	2112	4183	438	12023
77A	2449	77D	2300	4750	679	15700
78A	581	78D	433	1015	89	3401
79A	207	79D	243	450	29	2267
80A	4532	80D	4438	8971	2739	25162
82A	5491	82D	5167	10659	2241	35585
83A	5517	83D	5414	10930	1759	37569
84A	434	84D	391	824	110	4125
86A	531	86D	495	1026	330	9100
87A	1889	87D	1823	3712	1760	15481
88A	2139	88D	2085	4224	1633	14561
89A	3179	89D	3423	6602	2024	28525
90A	1706	90D	1783	3490	734	21457
93A	1396	93D	1473	2870	2258	12392
95A	551	95D	544	1095	282	6279
96A	1427	96D	1370	2797	834	17420
medie	1986		1943	3929	1192	14647

Dai dati possiamo osservare che il valore medio dei flussi ANAS è 3,7 volte il valore medio dei flussi FCD riportati all'universo (rip1) e propagati; mentre se analizziamo la correlazione fra le due serie di dati (vedi figura che segue) vediamo che è piuttosto buona, superiore al 90%; il coefficiente angolare (fattore di proporzionalità della retta di regressione passante per l'origine) vale 3,43, ovvero i flussi FCD propagati sono 3,43 volte inferiori ai flussi ANAS misurati.

Cosa significa? significa che i flussi FCD riproducono solo poco più di $\frac{1}{4}$ dei flussi ANAS, ma significa anche che la gerarchia dei flussi FCD è analoga alla gerarchia dei flussi ANAS ed è quindi rappresentativa.

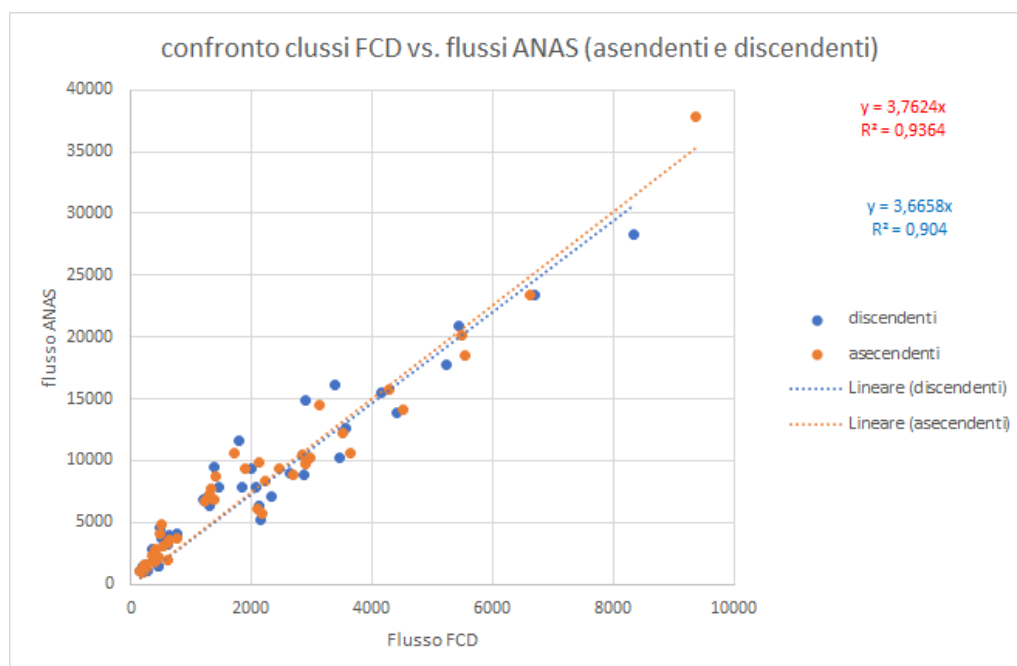
Qui di seguito si riportano i grafici della correlazione fra flussi ascendenti e discendenti sia per il set delle misure ANAS che per i dati FCD riportati all'universo sia con il coefficiente rip1 che con i coefficienti rip2.



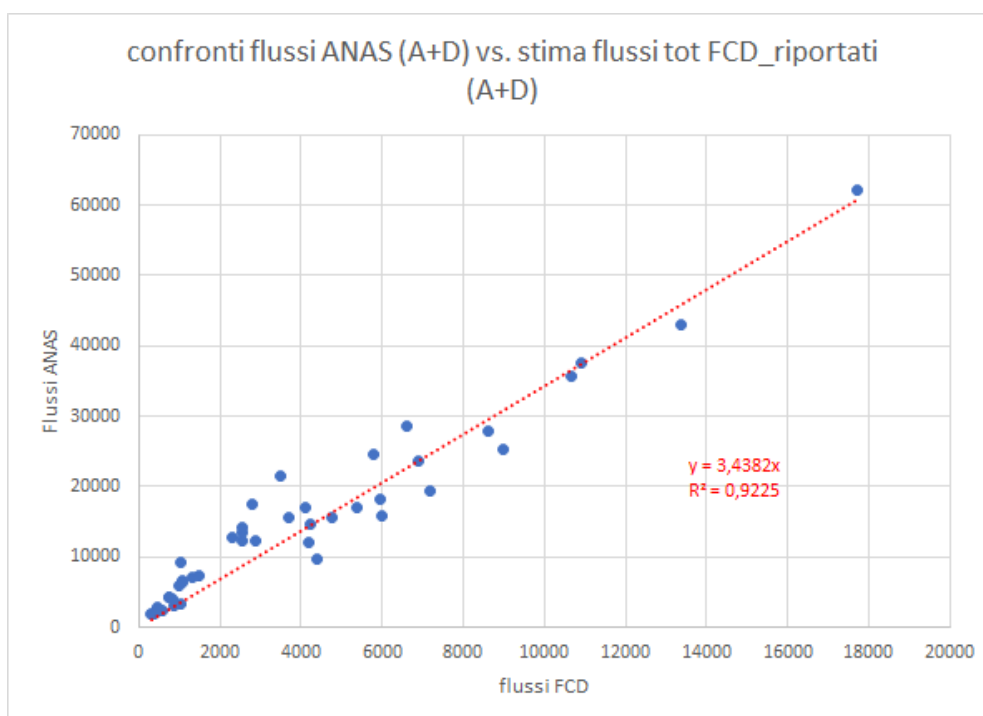


Flussi ascendenti e discendenti sono fortemente correlati sia per i dati ANAS che per quelli FCD, segno che i traffici sulle sezioni sono ragionevolmente simmetrici nelle 24 ore, ma se nel caso dei dati FCD con rip1 la correlazione è anche più forte di quella dei dati ANAS nel caso dei dati FCD con rip2 la correlazione risulta assai più debole, ragione per la quale le matrici finali sono prodotte utilizzando rip1.

Nel grafico che segue si riportano le correlazioni fra dati FCD (con rip1) e dati ANAS distinguendo i flussi ascendenti e discendenti.



Come risulta evidente la correlazione è ottima considerando separatamente i dati relativi ai flussi ascendenti e discendenti, così come lo è se si considera il flusso totale (ascendenti + discendenti) come mostrato nella figura che segue:



Il risultato che emerge dal confronto fra dati FCD e dati ANAS è che i flussi FCD sono assai inferiori ai flussi ANAS anche se riproducono la stessa gerarchia.

Quale spiegazione possiamo dare? In realtà ci sono due possibili spiegazioni.

La prima riguarda il valore del coefficiente dei viaggi giornalieri per veicolo, che è stato stimato in ragione di 1,4; se si utilizzasse come numero di viaggi giornalieri invece di 1,4 il valore $1,4 \times 3,43 = 4,8$ il confronto flussi FCD e flussi ANAS evidenzerebbe un MAE (Mean Absolute Error%) pari a 25,8%, e un RMSE% pari a 21,9%. Valori in linea con le attese.

Vale anche la pena di osservare che il valore di 4,8 viaggi a veicolo è abbastanza vicino al valore di 5,46 viaggi veicolo al giorno che TPS aveva desunto dalla analisi dei dati FCD del 2014 in cui era noto l'ID veicolo e gli eventi di accensione/spegnimento motore, ed era quindi possibile identificare con precisione i viaggi dei singoli veicoli (vedi dettagli al capitolo 11).

La seconda spiegazione è che il set di traiettorie del campione FCD non è un "campione casuale uniforme" del set delle traiettorie dell'universo dei veicoli, ma è un set che coglie solo un sottoinsieme di traiettorie (caratteristiche dei veicoli del campione) con il risultato di non poter riprodurre correttamente, una volta riportato all'universo, l'entità dei flussi sulle sezioni stradali.

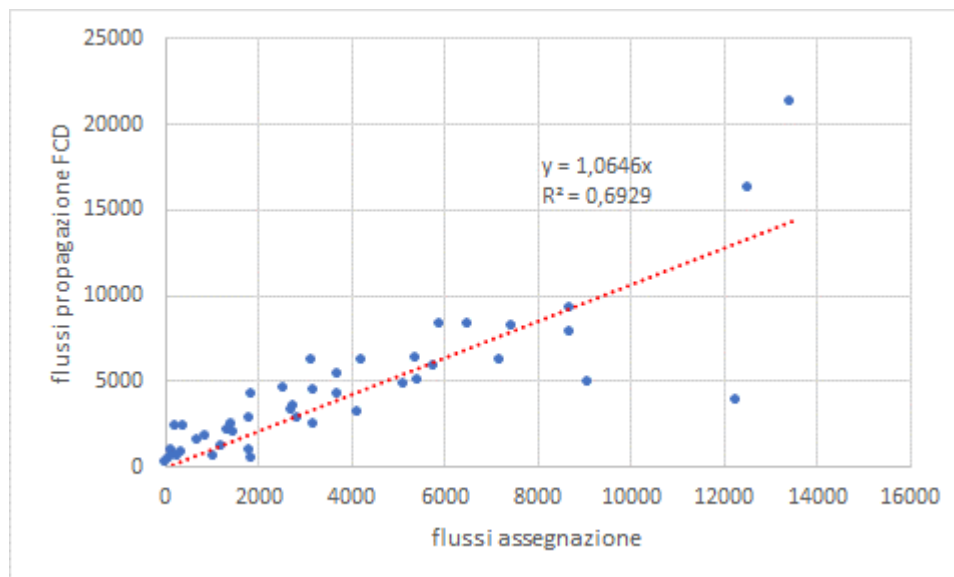
D'altro canto, il fatto che i flussi FCD siano ben correlati con quelli sulle sezioni ANAS significa che la gerarchia delle sezioni è comunque riprodotta anche nel campione.

E' quindi possibile che nella matrice OD ricostruita da dati FCD "manchino" delle relazioni OD.

Un modo per recuperare le OD mancanti e completare la matrice è quello di utilizzare un modello di generazione distribuzione (in dotazione nella suite VISUM) per "seminare" la matrice OD ottenuta da FCD con altre relazioni OD non coperte da quelle provenienti da FCD. Una volta "note" le celle non nulle si potrà procedere alla applicazione della procedura classica di correzione della matrice OD ottenendo una matrice che una volta assegnata riproduce, al meglio, i flussi misurati sulle sezioni ANAS.

A completamento delle analisi sul confronto fra dati di flusso sulle sezioni stradali si è provveduto ad effettuare, a cura di Asset, una assegnazione della matrice media relativa alle 24 ore (con riporto all'universo con rip1) utilizzando il modello VISUM in dotazione e confrontando i flussi che risultano dalla assegnazione nelle sezioni di conteggio con i flussi che risultano dalla propagazione degli FCD (sempre riportati all'universo con rip1) in modo da verificare la coerenza fra il modello di assegnazione e la realtà delle traiettorie FCD.

Il grafico che segue riporta il confronto:



Come si vede dal confronto risulta una significativa differenza fra i flussi assegnati dal modello e quelli propagati, segno evidente che il modello non riproduce al meglio le scelte di percorso effettuate dal campione di veicoli FCD.

10 LE MATRICI FINALI

Nel paragrafo precedente si sono indicati due possibili modi per ottenere matrici coerenti con i flussi misurati sulle sezioni stradali. Il primo prevede che le matrici finali vengano prodotte semplicemente rivalutando con il fattore 3,43 (per i giorni feriali e 2,63 per il sabato e 2,5 per la domenica) i flussi OD delle matrici ottenute da FCD e riportate all'universo con rip1, e questo è il modo utilizzato nell'ambito del presente studio, mentre il secondo, più complesso, che prevede anche l'utilizzo di un modello di generazione-distribuzione, viene suggerito come possibile futura attività di approfondimento del tema.

In accordo con quanto richiesto dall'incarico sono state prodotte le seguenti matrici:

codice matrice	giorno medio	fascia oraria	mezzo di trasporto
FAM	feriale/scolastico	8.00-9.00	auto privata
FMD	feriale/scolastico	12.00-13.00	auto privata
FPM	feriale/scolastico	19.00-20.00	auto privata
F24h	feriale/scolastico	giornaliera	auto privata
S12	sabato	12.00-13.00	auto privata
S20	sabato	20.00-21.00	auto privata
D12	domenica	12.00-13.00	auto privata
D20	domenica	20.00-21.00	auto privata

Qui di seguito i dati di sintesi (si tratta di 7 quesiti) richiesti nel capitolato (pag.9)..

Elaborazione quesito 1: per ogni matrice: numero degli spostamenti per tipo e per aggregazione territoriale

	M24h		D12		D20		S12		S20		FAM		FMD		FPM	
tipo OD	%	n viaggi	%	n viaggi	%	n viaggi	%	n viaggi	%	n viaggi	%	n viaggi	%	n viaggi	%	n viaggi
int-int R	99,5%	10.985.461	99,7%	836.132	99,4%	481.628	99,7%	1.028.708	99,7%	698.587	99,5%	790.019	99,6%	868.692	99,6%	753.504
int-est R	0,3%	28.582	0,2%	1.582	0,3%	1.657	0,1%	1.192	0,1%	697	0,3%	2.412	0,2%	1.779	0,1%	1.011
est-int R	0,3%	30.547	0,2%	1.286	0,2%	1.040	0,2%	2.026	0,2%	1.299	0,2%	1.884	0,2%	2.038	0,2%	1.721
int-int Z	38,7%	4.278.533	39,9%	334.518	37,6%	182.214	42,3%	436.045	38,3%	268.373	39,3%	312.562	41,6%	362.994	40,5%	306.181
int-est Z	61,0%	6.735.509	29,5%	247.703	31,4%	152.055	57,5%	593.855	61,5%	430.911	60,4%	479.869	58,2%	507.477	59,3%	448.333
est-int Z	0,3%	30.547	30,6%	256.779	31,0%	150.056	0,2%	2.026	0,2%	1.299	0,2%	1.884	0,2%	2.038	0,2%	1.721
int-int C	79,7%	8.806.564	81,5%	683.862	78,9%	382.000	83,3%	859.942	80,4%	563.479	79,9%	634.982	82,1%	716.664	82,2%	621.681
int-est C	20,0%	2.207.478	9,3%	77.636	10,8%	52.503	16,5%	169.958	19,4%	135.805	19,8%	157.449	17,6%	153.806	17,6%	132.833
est-int C	0,3%	30.547	9,2%	77.503	10,3%	49.822	0,2%	2.026	0,2%	1.299	0,2%	1.884	0,2%	2.038	0,2%	1.721
int-int P	97,3%	10.743.960	97,7%	819.879	97,1%	470.510	98,3%	1.014.217	97,9%	686.073	97,1%	771.358	97,7%	852.506	98,0%	741.035
int-est P	2,4%	270.083	1,2%	9.782	1,6%	7.610	1,5%	15.682	1,9%	13.211	2,7%	21.073	2,1%	17.964	1,8%	13.479
est-int P	0,3%	30.547	1,1%	9.340	1,3%	6.205	0,2%	2.026	0,2%	1.299	0,2%	1.884	0,2%	2.038	0,2%	1.721
TOT OD		11.044.589		839.001		484.325		1.031.926		700.583		794.315		872.509		756.235

R= Regione, Z=Zone, C=Comuni, P=Province

Elaborazione quesiti 2,3,4: La matrice OD che segue serve a rispondere alle successive 3 richieste in modo più articolato e completo

M24h	FG	BA	TA	BR	LE	AD	foggia	bari	taranto	brindisi	lecce	Adria	E	Totale
FG	776.718	1.852	154	159	73	6.155	22.462	1.047	40	99	31	2.657	6.815	818.263
BA	1.840	1.807.150	8.565	9.923	1.047	10.782	1.015	116.478	1.566	1.193	670	13.864	9.040	1.983.134
TA	150	8.687	730.978	16.762	2.087	115	51	1.516	33.095	1.282	493	192	2.654	798.061
BR	107	9.908	16.642	834.490	7.714	124	33	1.556	2.655	19.203	2.616	175	407	895.630
LE	54	976	2.033	8.216	2.515.600	53	14	425	376	5.048	107.934	50	200	2.640.979
AD	6.090	10.847	89	101	69	467.741	1.176	2.402	42	84	54	18.952	1.270	508.916
foggia	22.593	917	35	52	23	1.140	760.858	551	33	19	8	661	3.067	789.956
bari	991	117.255	1.594	1.615	567	2.489	604	573.104	892	620	375	4.540	1.888	706.536
taranto	47	1.502	34.240	2.549	531	49	29	746	283.081	860	293	89	1.081	325.096
brindisi	92	1.332	1.377	19.322	5.470	80	35	718	808	270.322	2.672	93	409	302.727
lecce	54	630	506	3.023	109.282	52	28	402	315	2.917	367.114	42	143	484.508
Adria	2.361	14.299	225	141	95	18.994	775	4.521	93	78	52	716.994	1.609	760.237
E	8.266	9.018	2.572	444	274	1.274	3.153	2.005	1.102	380	139	1.920		30.547
Totale	819.363	1.984.373	799.010	896.796	2.642.833	509.047	790.231	705.470	324.098	302.105	482.451	760.230	28.582	11.044.589

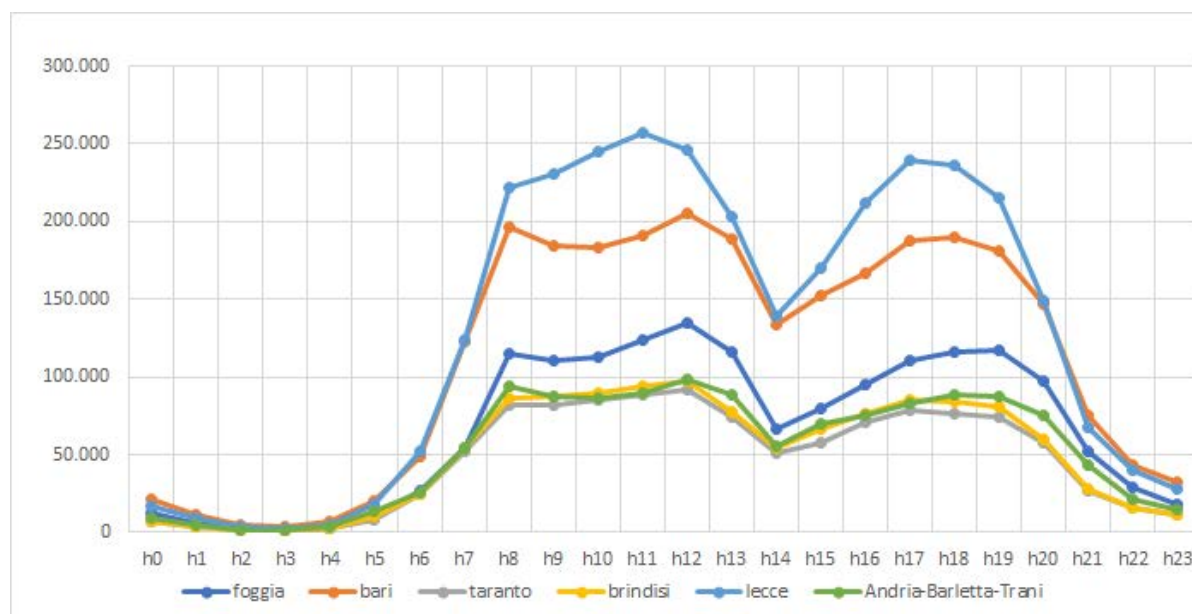
Qui di seguito l'indicazione delle componenti della precedente matrice (evidenziate dai diversi colori delle celle)

M24h	FG	BA	TA	BR	LE	AD	foggia	bari	taranto	brindisi	lecce	Adria	E	Totale
da provincia a capoluogo							22.462	116.478	33.095	19.203	107.934	18.952		318.123
da capoluogo a provincia	22.593	117.255	34.240	19.322	109.282	18.994								321.686
interne provincia	776.718	1.807.150	730.978	834.490	2.515.600	467.741								7.132.677
interne capoluoghi							760.858	573.104	283.081	270.322	367.114	716.994		2.971.473
da fuori prov. a capoluogo							2.288	6.945	4.679	7.707	3.864	16.938		42.421
da altri capoluoghi a capoluogo							1.470	6.938	2.140	4.494	3.400	5.426		23.869
da prov. a prov.	8.241	32.271	27.483	35.161	10.991	17.229								131.375
da capoluogo a provincia	3.545	18.679	3.737	7.380	6.686	3.809								43.836
originati fuori reg. dest prov&cap	8.266	9.018	2.572	444	274	1.274	3.153	2.005	1.102	380	139	1.920		30.547
originati fuori reg. dest fuori fuori reg.													28.582	28.582
Totale														11.044.589

Elaborazione quesito 5: profili domanda oraria per provincia (giorni feriali). Vengono forniti i dati orari relativi alla domanda in origine dalle province.

tipo ->	fer					
provincia ->	foggia	bari	taranto	brindisi	lecce	Andria-Barletta-Trani
h0	12.295	21.487	7.054	6.665	17.360	8.940
h1	6.388	11.224	3.629	3.677	9.400	4.317
h2	2.960	4.886	1.685	1.839	4.105	1.923
h3	1.823	3.864	1.161	1.662	2.784	1.582
h4	2.837	6.617	2.232	2.893	4.749	3.739
h5	10.739	20.459	8.307	10.266	18.235	13.485
h6	27.137	48.829	24.129	24.402	52.338	25.492
h7	54.446	122.626	52.356	54.720	123.394	54.238
h8	114.743	196.086	82.262	86.051	221.574	93.952
h9	110.406	184.478	81.912	87.074	231.009	87.637
h10	112.862	183.295	85.211	90.129	244.961	86.181
h11	123.606	190.637	88.196	93.934	256.612	89.790
h12	134.291	205.589	91.869	96.816	245.819	98.560
h13	116.055	188.825	74.574	77.801	203.447	88.458
h14	66.469	133.143	50.565	54.056	139.697	55.891
h15	79.790	152.063	58.216	66.183	170.490	69.945
h16	95.531	167.192	71.353	76.943	211.601	74.972
h17	110.515	187.274	78.802	85.599	238.914	83.022
h18	115.942	189.491	76.927	84.519	236.568	88.465
h19	117.527	181.237	74.156	81.286	215.382	87.075
h20	97.732	147.085	57.320	60.155	149.644	75.260
h21	51.752	75.680	26.522	28.100	67.846	43.734
h22	28.852	43.042	16.068	15.920	40.427	21.821
h23	18.190	32.350	11.899	11.140	28.224	14.358
tot	1.612.891	2.697.459	1.126.406	1.201.828	3.134.579	1.272.838

Per agevolare il confronto fra i diversi profili orari della domanda si riporta di seguito il grafico di quanto è contenuto nella tabella



Elaborazione quesito 6: matrice tempi e distanze medie fra province (giorni feriali)

tempi (min)	Bari	Barletta-Andria-Trani	Brindisi	Foggia	Lecce	Taranto	Totale complessivo
Bari	10	31	37	83	96	44	11
Barletta-Andria-Trani	30	9	106	34	129	80	9
Brindisi	39	107	9	149	38	28	10
Foggia	85	32	125	9	177	127	10
Lecce	99	117	36	191	9	56	9
Taranto	45	77	28	123	56	9	10
Totale complessivo	11	9	10	10	9	10	10

Dist. (km)	Bari	Barletta-Andria-Trani	Brindisi	Foggia	Lecce	Taranto	Totale complessivo
Bari	4,9	32,4	41,3	117,5	150,3	48,5	5,9
Barletta-Andria-Trani	31,8	2,9	151,9	41,0	214,3	120,5	4,0
Brindisi	45,7	155,2	3,7	221,0	40,7	26,2	5,2
Foggia	117,3	38,2	210,9	3,7	273,2	191,6	4,2
Lecce	153,4	214,8	40,2	277,3	3,9	68,6	4,3
Taranto	49,1	111,3	25,0	187,9	67,8	3,9	5,0
Totale complessivo	5,9	4,0	5,1	4,3	4,3	5,0	4,8

Elaborazione quesito 7: tempi medi (in minuti) di accesso ai capoluoghi di provincia per ora e fascia di distanza (giorni feriali)

Bari	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	totale
1:0-2	5	5	5	3	8	9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2:2-5	9	8	8	7	7	8	8	10	11	11	10	10	10	10	9	9	10	10	10	10	9	9	9	7	10
3:5-10	13	16	9	13	13	12	14	16	16	16	16	16	16	14	14	14	16	16	16	15	16	14	14	13	15
4:10-20	17	18	18	17	13	18	20	21	24	23	22	21	22	20	19	18	20	23	22	21	21	19	20	20	21
5:20-40	37	23	25	0	36	41	34	28	33	32	31	30	30	30	29	30	31	33	33	30	34	31	31	38	31
6:40-80	62	25	55	50	48	55	52	49	50	47	47	47	49	45	44	45	46	48	53	49	49	52	52	45	48
7:80-160	66	0	84	0	0	104	75	72	73	81	78	82	70	85	73	73	82	82	76	78	79	62	79	0	78
8:160-320	0	0	0	0	118	102	121	0	0	119	116	110	0	129	110	101	104	0	135	90	99	117	0	0	113
totale	13	10	21	13	16	17	16	14	14	14	13	13	12	12	13	13	13	14	14	12	13	14	14	13	13

Foggia	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	totale
1:0-2	4	5	7	6	5	6	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2:2-5	8	7	8	8	9	7	9	9	11	10	11	11	10	9	9	9	9	10	10	10	10	9	9	8	10
3:5-10	15	16	18	26	13	15	14	15	18	15	16	16	16	14	12	14	15	16	18	18	17	14	14	12	16
4:10-20	27	25	18	0	14	15	17	18	19	20	19	20	19	17	17	18	19	18	20	21	20	20	21	30	19
5:20-40	18	0	70	0	59	47	30	28	29	28	32	30	30	27	29	27	27	27	31	30	36	31	32	27	30
6:40-80	84	0	35	0	30	23	44	43	45	50	45	42	44	38	48	47	42	41	45	46	43	83	42	51	45
7:80-160	64	0	0	86	0	110	67	66	70	70	62	79	69	69	67	65	82	79	73	75	92	0	0	106	73
8:160-320	0	0	0	0	0	0	111	128	0	0	0	0	0	0	99	0	0	0	108	149	0	0	0	0	119
totale	10	10	14	21	11	13	11	11	10	10	10	10	10	9	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10

Taranto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	totale
1:0-2	14	7	6	7	6	5	6	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	6	5
2:2-5	11	11	8	19	7	8	9	10	10	11	11	11	10	9	8	8	10	10	10	10	9	8	10	10	10
3:5-10	16	19	14	0	18	13	13	17	16	15	16	17	15	13	14	14	16	16	16	15	14	13	21	18	15
4:10-20	21	25	29	21	10	18	20	23	19	23	23	20	21	20	19	20	22	22	24	23	21	19	20	21	21
5:20-40	26	33	76	0	51	23	34	33	32	33	35	32	32	27	34	39	33	31	31	31	28	33	23	31	32
6:40-80	44	0	0	0	48	49	59	59	47	47	55	49	57	51	52	45	51	56	46	65	46	0	39	51	51
7:80-160	0	0	0	0	0	64	67	80	74	83	88	103	68	79	77	91	88	68	110	61	64	0	214	0	79
8:160-320	0	0	0	0	0	0	0	0	112	141	0	0	0	0	126	0	0	0	0	0	0	107	0	0	125
totale	17	14	15	14	16	15	14	14	13	12	12	11	11	11	13	12	13	12	12	12	11	11	15	15	12

Brindisi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	totale
1:0-2	3	6	5	76	7	7	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5
2:2-5	10	7	5	9	9	9	8	10	9	9	10	10	9	9	8	8	10	10	10	10	10	8	8	7	9
3:5-10	18	16	11	17	14	13	12	16	15	13	15	15	14	13	13	13	13	17	14	16	14	13	11	16	14
4:10-20	20	18	35	0	0	17	18	18	22	19	19	19	19	17	18	18	20	20	25	19	18	19	20	17	19
5:20-40	34	0	21	0	0	27	21	27	27	29	28	30	26	26	40	32	29	31	30	29	28	27	23	26	30
6:40-80	43	0	0	0	0	45	49	43	43	49	42	49	45	43	45	44	46	41	56	61	43	40	38	44	46
7:80-160	0	0	0	99	66	50	105	189	70	77	75	65	78	68	81	70	86	61	72	0	80	123	60	61	84
8:160-320	0	0	0	0	159	189	0	97	136	136	136	143	191	0	150	0	141	0	0	0	0	0	0	0	145
9:320-1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267	0	0	0	0	0	0	267
totale	13	11	9	29	31	19	14	15	12	11	11	11	11	11	14	12	12	12	13	11	11	12	12	14	12

Lecce	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	totale
1:0-2	5	4	6	4	3	6	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5
2:2-5	8	7	9	6	7	13	11	10	9	10	10	10	10	9	8	8	9	10	10	9	9	8	8	7	9
3:5-10	13	12	11	13	20	30	30	16	16	13	14	14	14	15	15	14	13	16	15	14	14	13	13	13	15
4:10-20	21	20	11	23	54	31	24	20	18	19	20	19	20	19	18	18	19	21	20	20	20	18	18	22	20
5:20-40	31	33	0	28	23	37	30	27	32	31	31	30	29	39	37	30	34	34	29	31	30	28	24	32	32
6:40-80	37	0	38	0	33	60	80	34	41	41	48	45	45	44	40	63	64	44	45	42	40	45	46	48	46
7:80-160	0	0	0	0	0	81	68	62	195	76	89	66	58	81	73	70	83	67	80	81	0	0	0	0	84
8:160-320	0	0	0	0	0	142	0	0	91	95	0	150	0	193	131	89	0	0	132	0	0	0	0	0	133
9:320-1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249
totale	12	12	12	11	22	26	17	12	11	11	11	10	10	11	13	11	11	12	11	11	10	11	11	13	11

Andria-Barletta-Trani	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	totale
1:0-2	5	6	6	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
2:2-5	8	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	10	10	9	8	9	9	10	11	11	10	9	8	8	10
3:5-10	14	13	13	12	17	24	24	17	16	14	14	14	14	15	14	14	14	15	17	15	15	16	14	15	15
4:10-20	20	19	12	19	39	30	21	20	20	21	20	20	20	19	18	18	20	21	20	20	21	19	21	20	20
5:20-40	29	36	64	26	26	30	31	27	29	30	30	30	28	33	32	27	30	31	31	34	30	27	25	31	30
6:40-80	37	0	38	0	28	54	54	44	45	45	47	47	44	40	41	52	58	44	43	47	45	41	51	48	46
7:80-160	0	0	45	100	103	83	73	74	108	77	85	71	69	68	70	74	84	67	76	85	0	0	113	0	80
8:160-320	83	0	0	0	0	138	0	78	91	119	106	118	155	146	115	105	0	0	132	112	0	0	0	0	119
9:320-1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249
totale	11	10	12	14	16	18	14	12	11	11	10	10	10	10	11	10	10	11	11	11	10	10	10	11	11

11 NOTA SULL'INDAGINE 2014

Nel seguito alcune considerazioni sui dati forniti dalla Regione relativi alla indagine del 2014 (Relazione TPS, aprile 2015 – *Elaborazione e fornitura matrici O/D relative alla Regione Puglia*).

Nel documento citato si riporta il valore della stima dei viaggi totali in matrice per i giorni feriali pari a circa 14.400.000 che a fronte di una popolazione (al 2011) di 4.053.000 (il dato del 2018 è 4.048.000), sottintende una mobilità pro-capite della popolazione totale di 3,6 viaggi al giorno e una mobilità per veicolo circolante (parco circolante al 31/12/2013 pari a circa 2.249.000 autovetture) di 6,26 viaggi al giorno, valori che appaiono elevati rispetto ai dati forniti da AUDIMOB 2014 che indica che le persone che, in un giorno medio feriale, hanno effettuato almeno uno spostamento sfiorano a livello nazionale l'80% della popolazione (77% al sud) e il numero di viaggi al giorno in auto per la popolazione che si sposta è di poco inferiore a 3 viaggi al giorno e se si considera la mobilità su auto privata il valore scende a circa 1,6 viaggi/giorno⁴.

Il dato di 6,26 viaggi al giorno è in realtà giustificabile perché coerente con il dato ottenuto analizzando i viaggi del campione di veicoli FCD, per i quali è noto l'ID_veicolo ed è quindi possibile analizzare nel dettaglio come il veicolo si muove nelle giornate utilizzando l'informazione di accensione/spegnimento del motore. I veicoli del campione sono 193.000 (circa l'8,6% del parco circolante) e i viaggi che sono stati rilevati nei 30 giorni di indagine sono complessivamente circa 65,5 milioni, che significa in media 1.090.000 viaggi al giorno, ovvero $1.090.000/193.000 = 5,65$ viaggi al giorno.

⁴ Il valore 1,6 è il risultato di elaborazione dei dati AUDIMOB (2014) che ha valutato la mobilità media pro-capite in 2,85 viaggi al giorno per persona "che si muove". La Quota di popolazione che effettua almeno uno spostamento al giorno è di circa l'80% della popolazione totale e la quota modale per il traffico motorizzato privato è del 70% (10,5% MP, 15,9% piedi, 3,8% bici), quindi $2,85 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 1,6$.

12 ELENCO ELABORATI CONSEGNATI

Tutti gli elaborati sono stati consegnati In una cartella condivisa, rendendoli disponibili per il download alla URL:

https://drive.google.com/drive/folders/1U3QcZ83Ow15D_4qmO057whBKuLePogIX

In particolare, sono disponibili:

- 31 cartelle dove ogni cartella contiene le elaborazioni di base relative ad una giornata del mese di marzo 2018. Ogni elaborazione di base giornaliera consiste di tre file csv zippati separatamente: 'posizioni-viaggi_PROGETTO', 'viaggi_PROGETTO', 'spire_PROGETTO' (contenenti rispettivamente: tutti i punti gps ordinati per viaggio, tutti i viaggi, tutti i viaggi in relazione alle spire attraversate).
- Una cartella con i file viaggi con rip1 e rip2 per le sole giornate “valide”
- Una cartella con le 8 matrici finali di cui alla tabella precedente
- Una cartella con la relazione in formato pdf

Nel dettaglio i file consegnati sono i seguenti:

file zippati contenenti Posizioni GPS, file viaggi, file spire:

20180301.tar.bz2
20180302.tar.bz2
20180303.tar.bz2
20180304.tar.bz2
20180305.tar.bz2
20180306.tar.bz2
20180307.tar.bz2
20180308.tar.bz2
20180309.tar.bz2
20180310.tar.bz2
20180311.tar.bz2
20180312.tar.bz2
20180313.tar.bz2
20180314.tar.bz2
20180315.tar.bz2
20180316.tar.bz2
20180317.tar.bz2
20180318.tar.bz2
20180319.tar.bz2
20180320.tar.bz2
20180321.tar.bz2
20180322.tar.bz2
20180323.tar.bz2
20180324.tar.bz2
20180325.tar.bz2
20180326.tar.bz2
20180327.tar.bz2
20180328.tar.bz2

20180329.tar.bz2
20180330.tar.bz2
20180331.tar.bz2

File Viaggi con coefficiente di riporto all'universo:

viaggi_rip_20180301.csv
viaggi_rip_20180302.csv
viaggi_rip_20180303.csv
viaggi_rip_20180304.csv
viaggi_rip_20180305.csv
viaggi_rip_20180306.csv
viaggi_rip_20180307.csv
viaggi_rip_20180308.csv
viaggi_rip_20180309.csv
viaggi_rip_20180310.csv
viaggi_rip_20180311.csv
viaggi_rip_20180312.csv
viaggi_rip_20180314.csv
viaggi_rip_20180315.csv
viaggi_rip_20180316.csv
viaggi_rip_20180317.csv
viaggi_rip_20180318.csv
viaggi_rip_20180319.csv
viaggi_rip_20180320.csv
viaggi_rip_20180321.csv
viaggi_rip_20180322.csv
viaggi_rip_20180323.csv
viaggi_rip_20180324.csv
viaggi_rip_20180326.csv
viaggi_rip_20180327.csv
viaggi_rip_20180328.csv
viaggi_rip_20180330.csv

file Matrici finali:

matrici_finali/D12.csv
matrici_finali/D20.csv
matrici_finali/F24h.csv
matrici_finali/FAM.csv
matrici_finali/FMD.csv
matrici_finali/FPM.csv
matrici_finali/S12.csv
matrici_finali/S20.csv

La presente Relazione:

Documento finale stima OD da FCD_regione _PUGLIA.pdf