



COMUNE DI PISA

Servizio Mobilità e Qualità della Città

PIANO PARTICOLAREGGIATO DEL TRASPORTO PUBBLICO URBANO



SEZIONE I ANALISI CONOSCITIVA

SOMMARIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2. STRUTTURA TERRITORIALE E DEMOGRAFICA | 4 |
| 2.1 ELEMENTI DI STRUTTURA TERRITORIALE | 4 |
| 2.2 STRUTTURA DEMOGRAFICA | 7 |
| 2.3 CARATTERISTICHE RILEVANTI DELLA RETE STRADALE E DELLE AREE PEDONALI | 12 |
| 3. CARATTERISTICHE DELL'OFFERTA ATTUALE..... | 13 |
| 3.1 STRUTTURA DEL SERVIZIO ATTUALE | 13 |
| 3.2 ELEMENTI CARATTERISTICI DEI SERVIZI EXTRAURBANI E FERROVIARI | 19 |
| 3.3 CRITICITA' DEL SERVIZIO | 20 |
| 3.4 ALTRE CARATTERISTICHE DEL SERVIZIO URBANO | 24 |
| 3.5 TARIFFE E ANALISI DELLA GESTIONE | 25 |
| 4. ANALISI DELLA DOMANDA..... | 30 |
| 4.1 DIMENSIONI DELL'UTENZA ATTUALE | 30 |
| 4.2 ALTRE CARATTERISTICHE DELLA DOMANDA | 56 |
| 4.3 DISTRIBUZIONE DELL'UTENZA STUDENTESCA | 58 |
| 5. MODELLO DI SIMULAZIONE | 60 |
| 5.1 IL MODELLO DI SIMULAZIONE | 60 |
| 5.2 LA BASE DATI UTILIZZATA..... | 61 |
| 5.3 LA COSTRUZIONE DEL MODELLO DI OFFERTA | 61 |
| 5.4 I PARAMETRI DEL MODELLO | 63 |
| 5.5 LA COSTRUZIONE DELLA MATRICE O/D..... | 64 |
| 5.6 LA 'VALIDAZIONE' DEL MODELLO..... | 65 |

1. INTRODUZIONE

Il presente studio consiste in un approfondimento settoriale del Piano Generale del Traffico Urbano, approvato dal Consiglio Comunale con delibera n° 4 del 24/01/2002, ai sensi di quanto stabilito dal Nuovo Codice della Strada (Art. 36 D.L. 30 aprile 1992, n. 285) e della successiva circolare attuativa del 24 giugno 1995 (Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico).

Le medesime direttive stabiliscono infatti che il tema dei Trasporti Pubblici costituisce un argomento opzionale del P.G.T.U. e, quindi, esso può costituire oggetto di un approfondimento, al pari o studio specifico (Piano Particolareggiato), da compiersi successivamente all'approvazione dello strumento più generale.

Il presente rapporto si configura come strumento di analisi propedeutico al progetto di riorganizzazione della rete dei Trasporti Pubblici di Pisa; per realizzare il presente rapporto ci si è avvalso, oltre che di indagini appositamente svolte, di dati provenienti da fonti esistenti, ed in particolare:

- dati raccolti nell'ambito della stesura del P.G.T.U.;
- indagine TAGES sui trasporti Pubblici Urbani (febbraio 2002);
- indagine TAGES sui Trasporti Pubblici Extraurbani (novembre 2001);
- dati gentilmente forniti dal gestore dei servizi urbani (C.P.T.).

Sono stati inoltre elaborati i dati relativi all'utenza scolastica delle scuole medie superiori, cortesemente messi a disposizione dal Provveditorato agli Studi.

Le indagini specificatamente svolte hanno riguardato soprattutto gli aspetti qualitativi del servizio, ed in particolare le condizioni nelle quali si svolge il Servizio di Trasporto Pubblico in relazione alle interferenze coi veicoli privati, nonché dai condizionamenti che a questo derivano dalla conformazione della rete viaria e della struttura urbana, i cui risultati sono riportati nel paragrafo 3.2.

2. STRUTTURA TERRITORIALE E DEMOGRAFICA

2.1 ELEMENTI DI STRUTTURA TERRITORIALE

I fattori che maggiormente caratterizzano la città di Pisa, e che la rendono una delle città più importanti della Toscana, sono costituiti dalle incomparabili bellezze artistiche e dai monumenti che vi si trovano, che attirano ogni anno centinaia di migliaia di turisti da tutto il mondo, nonché dalla presenza di numerose e prestigiose sedi universitarie.

Sotto l'aspetto territoriale (cfr. Tav. 2.1: *Inquadramento territoriale a scala regionale*), la provincia di cui Pisa è capoluogo si trova nella parte centro-occidentale della Regione, confinando a nord con la Provincia di Lucca, ad est con le Province di Firenze e di Siena, a sud con le Province di Livorno e Grosseto e ad ovest con il mar Tirreno. In particolare, Pisa si trova all'estremità nord-occidentale del suo territorio provinciale, distando solo 10 km dal mare (loc. Marina di Pisa), 20 km da Livorno (la città più vicina), 25 km da Lucca e 95 km dal capoluogo toscano.

Pisa distribuisce i suoi 91.000 abitanti su una superficie comunale di 18.710 ettari.

Il territorio su cui sorge la città è completamente pianeggiante ed è tagliato in due dal fiume Arno, che lo attraversa orizzontalmente da est verso ovest. Si tratta di un territorio che presenta diverse specificità per quanto riguarda la densità insediativa; vi si trovano, infatti:

- ⇒ un primo nucleo, alquanto compatto e caratterizzato da una notevole densità abitativa, come il centro storico ed altri quartieri cresciuti attorno ad esso;
- ⇒ aree molto scarsamente popolate, spesso occupate da boschi di pinete o da coltivazioni, corrispondenti alle aree più periferiche della città o alle tenute più esterne, come quelle di S.Rossore, di Tombolo e di Coltano, localizzate nella parte occidentale e meridionale del territorio comunale di Pisa;
- ⇒ le aree di urbanizzazione del litorale pisano (Marina di Pisa, Tirrenia, Calambrone), con forti variazioni stagionali nel numero degli abitanti.
- ⇒ le nuove aree di espansione ad est del centro storico (Cisanello), alla cui estremità orientale si è insediato da alcuni anni il nuovo ospedale, e delimitate da un'ampia ansa del fiume Arno.

La presenza del fiume Arno e la vicinanza del mar Tirreno hanno da sempre influito in maniera determinante sulla storia della città, che proprio a difesa di questa posizione così strategicamente importante ha più volte combattuto nel corso dei secoli. Non è un caso che il nucleo più antico di Pisa fosse nato proprio in riva all'Arno, nelle vicinanze di quello che un tempo era uno dei porti più fiorenti del Mediterraneo. Escludendo le case isolate ed alcune piccole frazioni nelle tenute più periferiche, i principali quartieri di Pisa sono (cfr. Tav. 2.2: *Inquadramento territoriale a scala metropolitana*):

- ⇒ il centro, compreso all'interno delle mura, tra la piazza dei Miracoli e la ferrovia;
- ⇒ i quartieri di Porta a Lucca e Pratale, lungo la direttrice nord compresa tra l'Aurelia e la statale 12 per Lucca;
- ⇒ i quartieri di Barbaricina e S.Giovanni al Gatano verso ovest, rispettivamente a nord e a sud dell'Arno lungo la direttrice della statale 224 per Marina di Pisa;
- ⇒ i quartieri di S. Giusto e Ospedaletto a sud, compresi tra l'Aurelia e la statale 206;
- ⇒ i quartieri di S.Michele-Cisanello e Putignano-Riglione-Oratoio verso est, rispettivamente a nord e a sud dell'Arno, lungo la direttrice della statale 67 per Cascina.

La maggior parte dei servizi di interesse collettivo (comunale e provinciale) e culturale è localizzata nel centro cittadino (cfr. Tav. 2.3: *Poli di attrazione*). In particolare, gli uffici pubblici (come il comune, la posta, la provincia) sono situati nel centro storico, così come alcune importanti scuole superiori (tra cui l'istituto d'arte e l'istituto magistrale pedagogico) e sedi universitarie (come la Sapienza e la Normale). Al confine settentrionale dell'area più centrale di Pisa si trova anche l'ospedale più importante della città, quello di S. Chiara, e naturalmente la celeberrima piazza dei Miracoli che ogni anno attrae centinaia di migliaia di turisti.

Alcuni di questi poli attrattori hanno un bacino di utenza che va ben al di là dell'ambito provinciale: tra questi, si annoverano certamente le facoltà universitarie, distribuite in più punti del territorio comunale. La forte presenza universitaria comporta, tra l'altro, una nutrita presenza di studenti, oltre 10.000, che domiciliano in città.

La forte presenza studentesca ha probabilmente influito anche sullo sviluppo di diversi centri sportivi presenti sul territorio comunale, caratterizzati con un bacino d'utenza che va oltre la semplice scala di quartiere.

In generale, si nota quindi una concentrazione dei servizi soprattutto nell'area centrale, mentre nelle aree più periferiche le strutture pubbliche questi si disperdono, risultando spesso realizzati per soddisfare gli "standards" a servizio dei quartieri, come le scuole inferiori, i centri sportivi e le ASL per ciascun distretto.

Un caso particolare riveste l'area di espansione di Cisanello, nella quale trovano (e troveranno) sfogo anche quei servizi - in primo luogo il nuovo ospedale, ma anche supermercati, centri sportivi ecc. - che abbisognano di nuovi spazi per la loro crescita o di venire realizzati in edifici più funzionali per le loro attività degli antichi edifici esistenti nel centro storico. La rilocalizzazione dei servizi in questi ambiti periferici, in cui peraltro insistono concezioni urbanistiche contrastanti, ha avuto come conseguenza l'apertura di un acceso dibattito nell'opinione pubblica sulle sue conseguenze in termini di traffico veicolare, e quindi come cercare di contrastare quest'ultimo con un efficace servizio di trasporto pubblico.

Da ricordare, infine, che nella zona sud della città è situata una struttura aeroportuale di media importanza, separata dai quartieri residenziali solamente dalla superstrada Firenze-Pisa-Livorno.

A causa della scarsità di spazi all'interno della città, sono stati realizzati negli scorsi anni ampi parcheggi periferici, localizzati ai confini della zona urbanizzata, come il parcheggio di Pietrasantina, a distanza pedonale da Piazza dei Miracoli e perciò luogo ideale di sosta per i pullman dei turisti. Nonostante ciò, il traffico supera spesso la soglia di compatibilità ambientale nelle vie, spesso strette ed anguste, del centro e dei quartieri limitrofi. A questo genere di problemi si è cercato di ovviare anche con una notevole estensione delle Zone a Traffico Limitato, che si

estende a quasi tutto il nucleo più centrale, che ha comportato la deviazione verso tracciati più periferici e tortuosi anche di molte linee di trasporto pubblico.

Il PGTU ha definito una suddivisione del territorio comunale in 61 zone trasportistiche (cfr. Tav. 2.4/a: *Zonizzazione trasportistica: area urbana centrale* e Tav. 2.4/b: *Zonizzazione trasportistica: territorio comunale*), accorpate poi in 11 macro-zone (cfr. Fig. 2.4/c: *Macro-zonizzazione: territorio comunale*).



2.2 STRUTTURA DEMOGRAFICA

Per le analisi di carattere urbanistico e territoriale, si è fatto riferimento alla zonizzazione individuata dal P.R.G., il quale ha suddiviso il territorio oggetto di pianificazione urbanistica in 40 Unità Territoriali Omogenee Elementari (U.T.O.E.).

Nella Tabella 2.1 è stato riportato, per ciascuna U.T.O.E., il numero totale di residenti e di famiglie; inoltre, di ogni U.T.O.E., vengono forniti i valori (in mq) di superficie territoriale complessiva, di superficie solo residenziale, di superficie destinata a servizi urbani e territoriali e di superficie utilizzata per la produzione di beni e servizi.

La Tabella 2.2 mostra, invece, l'andamento della popolazione residente negli ultimi 40 anni: si può notare il forte calo che ha caratterizzato gli anni Ottanta e i primi anni Novanta, in cui il numero dei residenti è passato dai 104.509 abitanti del 1981 ai 94.318 del 1995, ed il più lento ma progressivo calo che ha accompagnato anche questi ultimi anni, fino ad arrivare ai 91.478 residenti al 31/12/2001.

Dalla Figura 2.1 si evidenzia la caratteristica forma a campana della curva della popolazione residente, che, a partire dal punto di massimo relativo al 1981, presenta una concavità rivolta verso il basso, con una decrescita sempre maggiore nel corso degli anni, fino al punto di flesso, posto all'incirca tra il 1993 ed il 1995, cui fa seguito un tratto di curva con concavità rivolta verso l'alto.

Nonostante il cambio di pendenza della curva della popolazione residente, il fenomeno di diminuzione della popolazione, a meno che non subentrino ondate migratorie, sembra però destinato a continuare ancora per molto tempo. La curva demografica (Fig. 2.2) vede infatti le classi più recenti ormai stabilizzata su valori pari a 600 nuovi nati/anno, il che comporta un valore tendenziale di popolazione intorno ai 50.000 abitanti.

Nella Tabella 2.3 vengono riprese le prime due colonne della Tabella 2.1, cioè quelle che contengono i dati relativi alla popolazione residente e alla superficie territoriale complessiva per ogni U.T.O.E. (qui espressa in ha), e si è calcolata la densità (in ab/ha) disaggregata per ciascuna U.T.O.E.. Il risultato è una rappresentazione grafica della distribuzione delle densità delle U.T.O.E. che è possibile osservare nelle Figure 2.4/a: *Densità abitativa U.T.O.E. dell'area centrale* e 2.4/b: *Densità abitativa U.T.O.E. del territorio comunale*. Da queste figure si vede chiaramente che la maggiore densità della popolazione, con più di 90 ab/ha, viene raggiunta nelle U.T.O.E. *Centro Storico Sud, Pratale e S. Giovanni al Gatano* (dove, tra l'altro, si registra il valore massimo di densità, pari a 106 ab/ha); seguono *S.Michele, Porta Fiorentina* e *l'area cuscinetto tra il centro e Porta a Lucca* con un valore di densità compreso tra 75 e 90 ab/ha. Le densità più basse, con meno di 10 ab/ha, si registrano in quasi tutte le U.T.O.E. più periferiche, incluso Calambrone lungo il litorale pisano.

La densità media di popolazione, relativa all'intero territorio comunale, è invece di soli 18,9 ab/ha. Tale dato tuttavia è poco significativo a causa della presenza, nel territorio comunale, di notevoli superfici disabitate o scarsamente antropizzate, quali i parchi e l'aeroporto. Dall'analisi della tabella 2.3 risulta però che quasi il 90% della popolazione risiede in 1/3 della superficie comunale, con una densità media di circa 51 ab/ha.

| | U.T.O.E. | TOTALE RESIDENTI | TOTALE FAMIGLIE | SUPERFICIE TERRITORIALE U.T.O.E. (mq) | SUPERFICIE RESIDENZIALE U.T.O.E. (mq) | SERVIZI URBANI E TERRITORIALI (mq) | PRODUZIONE DI BENI E SERVIZI (mq) |
|----|----------------------------------|---------------------|--------------------|---|---|--|---|
| 1 | Centro Storico Sud | 6167 | 2712 | 667275 | 491136 | 79493 | 0 |
| 2 | Centro Storico Nord | 7827 | 3469 | 1238181 | 792084 | 293371 | 0 |
| 3 | prog. Parco Museale | 825 | 338 | 445749 | 163877 | 9986 | 0 |
| 4 | Pratale - perif.Est | 6845 | 2771 | 749501 | 567100 | 37705 | 144699 |
| 5 | S.Michele - perif.Est | 9643 | 3554 | 1259673 | 883910 | 357899 | 0 |
| 6 | Cisanello - area filtro verde | 1129 | 371 | 494781 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Cisanello - area centrale | 7684 | 2924 | 1392710 | 972797 | 189410 | 0 |
| 8 | Cisanello - area Ospedale | 3 | 1 | 442458 | 0 | 410664 | 0 |
| 9 | A.cuscinetto Centro/P.ta a Lucca | 2970 | 1276 | 376331 | 281035 | 95281 | 0 |
| 10 | Area via del Brennero | 2109 | 766 | 868670 | 396935 | 0 | 152650 |
| 11 | Porta a Lucca | 5010 | 2099 | 808676 | 808674 | 0 | 0 |
| 12 | Corona Agricola Nord | 1245 | 479 | 2465671 | 161389 | 86587 | 248974 |
| 13 | Gagno - Campaldo | 2180 | 858 | 579907 | 429805 | 0 | 104781 |
| 14 | Nodo ferrov. S.Rossore | 65 | 23 | 182320 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | A.cuscinetto via Bonanno | 991 | 356 | 238758 | 143602 | 43955 | 51201 |
| 16 | Aurelia Nord - Barbaricina | 571 | 235 | 600527 | 76817 | 101543 | 0 |
| 17 | Aurelia Nord - Le Cascine | 184 | 65 | 1484447 | 242564 | 0 | 0 |
| 18 | Barbaricina | 2712 | 914 | 872598 | 595093 | 0 | 0 |
| 19 | CEP - via delle Lenze | 3737 | 1269 | 904753 | 585675 | 0 | 0 |
| 20 | A.preparco Barbaricina-S.Rossore | 358 | 133 | 1176870 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | S.Piero a Grado | 701 | 216 | 206697 | 167534 | 0 | 39163 |
| 22 | La Vettola | 1884 | 610 | 3240607 | 511479 | 0 | 0 |
| 23 | Porta a Mare | 1468 | 529 | 902595 | 270516 | 0 | 0 |
| 24 | Parco Golena d'Arno | 0 | 0 | 2090316 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | S.Giovanni al Gatano | 1556 | 601 | 146683 | 143741 | 0 | 0 |
| 26 | A.Sud Porta a Mare | 204 | 63 | 1957879 | 0 | 0 | 1104401 |
| 27 | S.Giusto - S.Marco | 7886 | 3091 | 1834404 | 1069119 | 0 | 0 |
| 28 | Aeroporto G.Galilei | 626 | 84 | 4345106 | 0 | 204113 | 0 |
| 29 | Porta Fiorentina - zona stazione | 6085 | 2593 | 814172 | 436694 | 169128 | 0 |
| 30 | S.Ermete - Putignano | 3637 | 1349 | 1498235 | 625371 | 0 | 0 |
| 31 | Riglione - Oratoio | 3907 | 1449 | 968006 | 564605 | 0 | 0 |
| 32 | Area delle Bocchette | 246 | 78 | 1728122 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | Ospedaletto | 430 | 147 | 2801580 | 103129 | 0 | 0 |
| 34 | Zona Industriale Ospedaletto | 508 | 169 | 2527061 | 0 | 0 | 2036798 |
| 35 | A.agricola interf. Aeroporto | 26 | 8 | 1910889 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | Via Emilia Sud | 10 | 5 | 1531387 | 0 | 0 | 868032 |
| 37 | Granuccio - Montacchiello | 68 | 17 | 3310459 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | Marina di Pisa | 3912 | 1494 | 973168 | 897617 | 0 | 0 |
| 39 | Tirrenia | 2934 | 1102 | 1571964 | 1419434 | 22782 | 13600 |
| 40 | Calambrone | 88 | 101 | 482186 | 26327 | 455860 | 0 |
| | TOTALE | 98431 | 38319 | 52091374 | 13828060 | 2557775 | 4764299 |

Piano Strutturale di Pisa - Giugno 1997

Dati Censimento 1991

Tabella 2.1 - Nuclei famigliari per U.T.O.E.

| ANNO | 1961 | 1971 | 1981 | 1985 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1993 | 1994 | 1995 | 2000 | 2001 |
|----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| POPOLAZIONE | 90928 | 103415 | 104509 | 104244 | 103527 | 102908 | 102150 | 101500 | 98928 | 96763 | 95448 | 94318 | 91977 | 91478 |
| N° indice - 1961=100 | 87,0 | 99,0 | 100 | 99,7 | 99,1 | 98,5 | 97,7 | 97,1 | 94,7 | 92,6 | 91,3 | 90,2 | 88,0 | 87,5 |

Tabella 2.2 - Popolazione residente dal 1961 al 2001

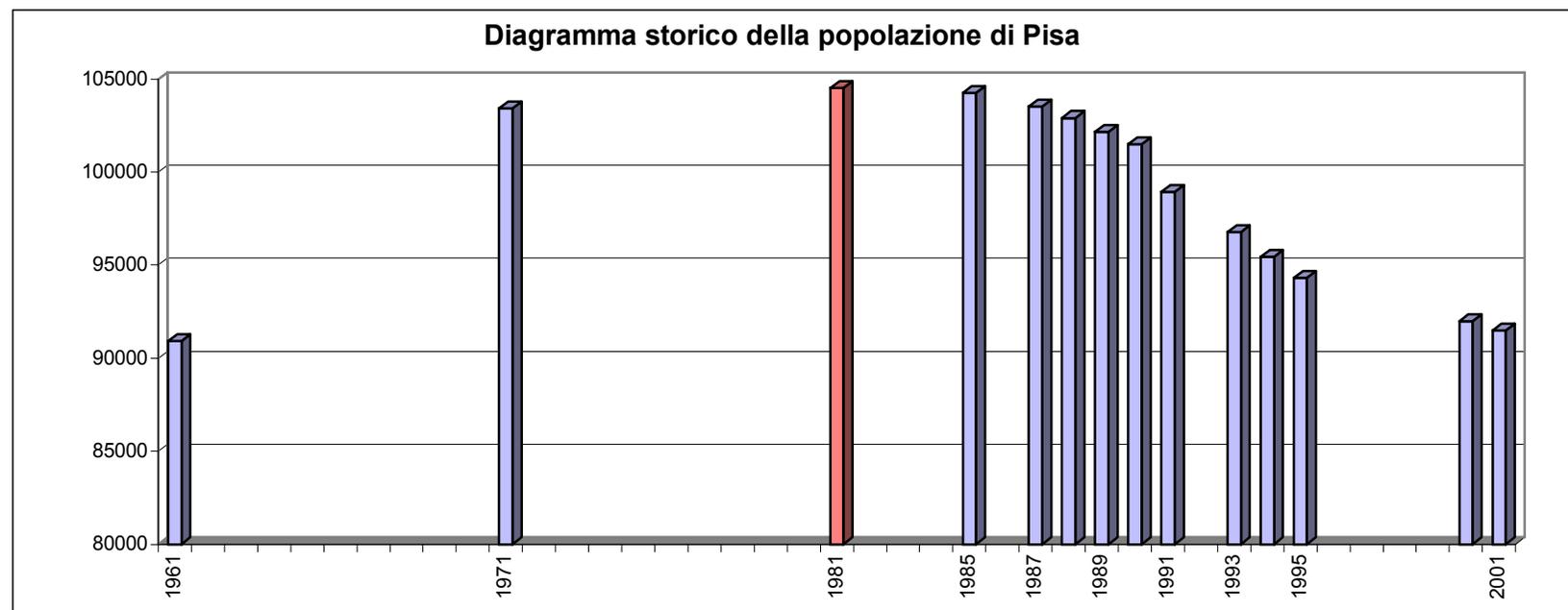


Fig. 2.1 - Popolazione residente dal 1961 al 2001

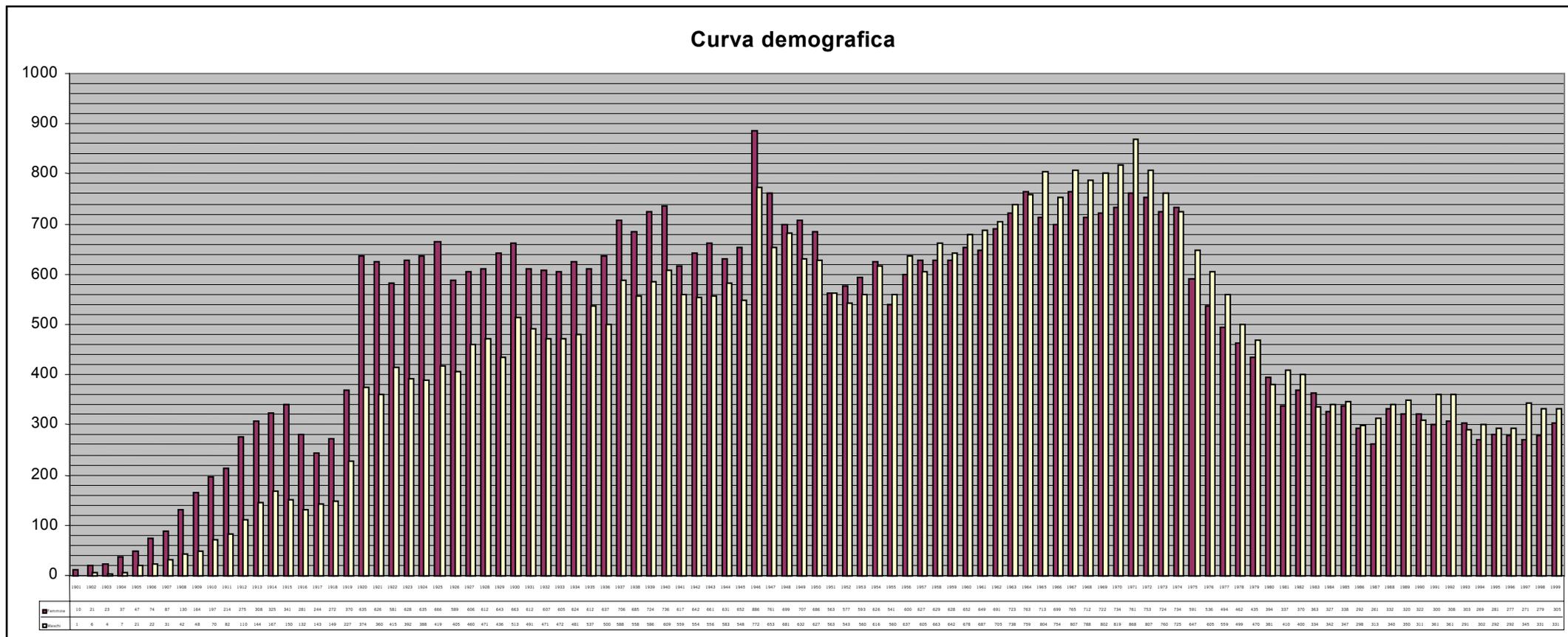


Fig. 2.2 Residenti per anno di nascita e sesso

| | Quartiere | POPOLAZIONE RESIDENTE (ab) | SUPERFICIE TERRITORIALE U.T.O.E. (ha) | DENSITA' (ab/ha) |
|----|----------------------------------|----------------------------------|---|---------------------|
| 1 | Centro Storico Sud | 6167 | 66,73 | 92,4 |
| 2 | Centro Storico Nord | 7827 | 123,82 | 63,2 |
| 3 | prog. Parco Museale | 825 | 44,57 | 18,5 |
| 4 | Pratale - perif.Est | 6845 | 74,95 | 91,3 |
| 5 | S.Michele - perif.Est | 9643 | 125,97 | 76,6 |
| 6 | Cisanello - area filtro verde | 1129 | 49,48 | 22,8 |
| 7 | Cisanello - area centrale | 7684 | 139,27 | 55,2 |
| 8 | Cisanello - area Ospedale | 3 | 44,25 | 0,1 |
| 9 | A.cuscinetto Centro/P.ta a Lucca | 2970 | 37,63 | 78,9 |
| 10 | Area via del Brennero | 2109 | 86,87 | 24,3 |
| 11 | Porta a Lucca | 5010 | 80,87 | 62,0 |
| 12 | Corona Agricola Nord | 1245 | 246,57 | 5,0 |
| 13 | Gagno - Campaldo | 2180 | 57,99 | 37,6 |
| 14 | Nodo ferrov. S.Rossore | 65 | 18,23 | 3,6 |
| 15 | A.cuscinetto via Bonanno | 991 | 23,88 | 41,5 |
| 16 | Aurelia Nord - Barbaricina | 571 | 60,05 | 9,5 |
| 17 | Aurelia Nord - Le Cascine | 184 | 148,44 | 1,2 |
| 18 | Barbaricina | 2712 | 87,26 | 31,1 |
| 19 | CEP - via delle Lenze | 3737 | 90,48 | 41,3 |
| 20 | A.preparco Barbaricina-S.Rossore | 358 | 117,69 | 3,0 |
| 21 | S.Piero a Grado | 701 | 20,67 | 33,9 |
| 22 | La Vettola | 1884 | 324,06 | 5,8 |
| 23 | Porta a Mare | 1468 | 90,26 | 16,3 |
| 24 | Parco Golena d'Arno | 0 | 209,03 | 0,0 |
| 25 | S.Giovanni al Gatano | 1556 | 14,67 | 106,1 |
| 26 | A.Sud Porta a Mare | 204 | 195,79 | 1,0 |
| 27 | S.Giusto - S.Marco | 7886 | 183,44 | 43,0 |
| 28 | Aeroporto G.Galilei | 626 | 434,51 | 1,4 |
| 29 | Porta Fiorentina - zona stazione | 6085 | 81,42 | 74,7 |
| 30 | S.Ermete - Putignano | 3637 | 149,82 | 24,3 |
| 31 | Riglione - Oratoio | 3907 | 96,80 | 40,4 |
| 32 | Area delle Bocchette | 246 | 172,81 | 1,4 |
| 33 | Ospedaletto | 430 | 280,16 | 1,5 |
| 34 | Zona Industriale Ospedaletto | 508 | 252,71 | 2,0 |
| 35 | A.agricola interf. Aeroporto | 26 | 191,09 | 0,1 |
| 36 | Via Emilia Sud | 10 | 153,14 | 0,1 |
| 37 | Granuccio - Montacchiello | 68 | 331,05 | 0,2 |
| 38 | Marina di Pisa | 3912 | 97,32 | 40,2 |
| 39 | Tirrenia | 2934 | 157,20 | 18,7 |
| 40 | Calambrone | 88 | 48,22 | 1,8 |
| | TOTALE | 98431 | 5209,14 | 18,9 |

Dati aggiornati al 31 Dicembre 1998

Tabella 2.2 - Densità abitativa per Quartiere

2.3 CARATTERISTICHE RILEVANTI DELLA RETE STRADALE E DELLE AREE PEDONALI

Come già anticipato nei paragrafi precedenti, la compattezza del nucleo urbanizzato, le sue antiche origini, la tortuosità e la sezione ridotta delle vie, una struttura prevalentemente radiale, hanno come conseguenza una rete stradale che mal si presta a sopportare i flussi veicolari dell'epoca dell'automobile.

A quanto sopra, va aggiunta una crescita disordinata di molti quartieri recenti su di un reticolo viabilistico che, discendendo direttamente da viottoli di campagna nati per ben altri scopi che servire il traffico automobilistico e finiscono spesso in strozzature ed incroci asfittici, hanno fatto sì che anche i rioni più recenti soffrano dei problemi tipici della motorizzazione: inquinamento, rumorosità, congestione.

Le dimensioni relativamente compatte delle zone centrali consentono peraltro a molti residenti una certa autonomia dall'utilizzo di mezzi motorizzati, mentre, quando si tratta di attraversare il nucleo urbano da un estremo all'altro, occorre ricorrere a mezzi di trasporto meccanizzati, peraltro in mancanza di una efficiente viabilità di tipo tangenziale, o meglio una sorta di *ring*.

A quest'ordine di problemi, la città ha reagito sino ad ora principalmente attraverso due strumenti: la realizzazione di una vasta Zona a Traffico Limitato e di ampi parcheggi periferici di interscambio. Da registrare che non sempre la realizzazione della ZTL ha avuto benefici per il mezzo pubblico: questo è stato infatti estromesso da percorsi di attraversamento del centro storico che la locale azienda di TPL ha sempre ritenuto ottimali. Parimenti, l'utilizzo dei parcheggi scambiatori è al di sotto delle aspettative, come si rileva anche dalla quota irrisoria di passeggeri che hanno effettuato parte del viaggio in auto, pari a circa l'1% dei passeggeri totali del mezzo pubblico.

Si è anche cercato, pur nella scarsità degli spazi viabilistici, di realizzare, ove possibile, corsie preferenziali a protezione del mezzo pubblico, quasi sempre su di una sola direttrice, lasciando la direzione contraria in promiscuo, come, ad esempio, in via Bonanno.

Nella tavola 2.4 è riportata l'attuale configurazione della rete di corsie protette e della ZTL. Si è ritenuto opportuno indicare anche i percorsi degli autobus che si svolgono all'interno della ZTL, in quanto logica vorrebbe che, all'interno di queste aree, la circolazione del mezzo pubblico ne risulti più protetta che non al di fuori



3. CARATTERISTICHE DELL'OFFERTA ATTUALE

3.1 STRUTTURA DEL SERVIZIO ATTUALE

La rete dei servizi urbani è formata da 14 linee, di cui due navette di collegamento dei parcheggi di via Pietrasantina e di via Brennero con il centro ed una terza navetta riservata ai turisti, collegante il terminal dei bus turistici di via Pietrasantina con piazza dei Miracoli.

Non tutte le direttrici che ricadono all'interno del territorio del comune di Pisa sono servite dalle 14 linee che compongono la rete urbana; tra le principali zone escluse dalla rete urbana, vanno ricordati:

- ⇒ l'asse di via Fiorentina, servito dalle linee extraurbane E150 ed E160, sulle quali sono utilizzabile per gli spostamenti interni al comune i titoli di viaggio urbano;
- ⇒ la fascia del litorale, servita dalla linea extraurbana E010, sulla quale è in vigore una speciale tariffa di interzona, integrata con il servizio urbano.

L'elenco ed i percorsi delle linee che compongono la rete dei servizi urbani, alla data del settembre 2002, è riportato nella seguente Tabella 3.1.

| Linea | Percorso |
|-------|--|
| A | NAVETTA: STAZIONE FS – PARK PIETRASANTINA Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II – via Crispi – Ponte Solferino – via Fermi – via Rustichello – via Bonanno Pisano – Piazza Manin – (Duomo – Ospedale S. Chiara) – via Cammeo – via Pietrasantina – Parcheggio Pietrasantina |
| | NAVETTA: PARK PIETRASANTINA – STAZIONE FS Parcheggio Pietrasantina – via Pietrasantina – via Cammeo/piazza Manin (Duomo – Ospedale S. Chiara) – via Bonanno Pisano – via Rustichello – via Fermi – Lungarno Pacinotti – Ponte di Mezzo – Lungarno Gambacorti – via Mazzini – piazza Vittorio Emanuele II - Stazione FS* *alcune corse limitate a Lungarno Gambacorti |
| C | NAVETTA: DUOMO – PARCHEGGIO PIETRASANTINA (Duomo) largo Cocco Griffi – via Contessa Matilde – via Pietrasantina – via del Marmigliano – via S.Jacopo – Park Pietrasantina |
| | NAVETTA: PARCHEGGIO PIETRASANTINA - DUOMO Park Pietrasantina - via Pietrasantina - via Contessa Matilde - largo Cocco Griffi (Duomo) |
| E | NAVETTA: LUNGARNO GAMBACORTI (Comune) – PARK BRENNERO (Comune) Lungarno Gambacorti - Ponte Solferino – Lungarno Pacinotti – Lungarno Mediceo – via S.Marta – via De Amicis – via S.Francesco – via Buonarroti – via S.Zeno – via Santa Caterina – largo del Parlascio – via del Brennero – Parcheggio Brennero |
| | NAVETTA: PARK BRENNERO - LUNGARNO GAMBACORTI (Comune) Parcheggio Brennero - via del Brennero – largo San Zeno - via S.Zeno – via Buonarroti – via De Simone – via S.Bibbiana - Lungarno Mediceo – Ponte Fortezza – Lungarno Galilei - Lungarno Gambacorti (Comune) |
| 2 | per PORTA A LUCCA Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II – via Crispi - Ponte Solferino – Lungarno Pacinotti – Lungarno Mediceo – via S.Marta – via De Amicis – via S.Francesco – via Buonarroti – via S.Zeno – via S.Caterina – largo del Parlascio – via Bianchi – via Lucchese – via Firenze – via Napoli – via di Gello* - via Cei – largo Duca D'Aosta – (PORTA A LUCCA) * prolungamento per LE MAGGIOLA |
| | per STAZIONE FS * prolungamento da LE MAGGIOLA: via di Gello – via Cei... (PORTA A LUCCA)* largo Duca D'Aosta – viale Giovanni Pisano- via Filzi – via di Gello – via Lucchese - via S.Zeno – via Buonarroti – via De Simone – via S.Bibbiana – Lungarno Mediceo - Ponte della Fortezza – Lungarno Galilei – Lungarno Gambacorti – via Mazzini – piazza Vittorio Emanuele II – Stazione FS |

| | |
|---|---|
| 3 | <p>per VIA S.JACOPO Aeroporto Galilei – via dell’Aeroporto – piazza Giusti – Cavalcavia S.Giusto – via Corridoni – Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II – via Croce – via Giuliano Da Sangallo – Lungarno Fibonacci – Lungarno Galilei – Lungarno Gambacorti – Ponte Solferino – via Fermi – via Rustichello – via Bonanno Pisano – via Cammeo/piazza Manin (Duomo – Ospedale S. Chiara) – via Pietrasantina – Cimiteri – via delle Palanche – via S.Jacopo</p> <p>per AEROPORTO via S.Jacopo – Park Pietrasantina – via Pietrasantina - via Cammeo/piazza Manin (Duomo – Ospedale S. Chiara) – via Bonanno Pisano – via Rustichello – via Fermi – piazza Solferino – Lungarno Pacinotti – Ponte di Mezzo – Lungarno Gambacorti – via Mazzini – piazza Vittorio Emanuele II – Stazione FS – via Corridoni – Cavalcavia S.Giusto – piazza Giusti – via dell’Aeroporto – Aeroporto Galilei</p> |
| 4 | <p>per I PASSI (S.Giusto) via Frà Mansueto – via Cappuccini – via S.Agostino – via Montanelli – piazza Giusti - Cavalcavia S.Giusto – via Corridoni – Stazione FS – piazza Vittorio emanuele II – via Crispi – Lungarno Pacinotti – Lungarno Mediceo – via S.Marta – via De Amicis – via S.Francesco – via Buonarroto – via S.Zeno – via S.Caterina – largo del Parlascio – via Contessa Matilde – via Piave – via Gobetti – via Collodi – via XXIV Maggio – via De Sanctis – largo Nievo – via Cuoco – via Belli (I PASSI)</p> <p>per S.GIUSTO (I PASSI) via Belli – largo Nievo – via XXIV Maggio – via Collodi – via Gobetti – via Rindi – via Bianchi - via Contessa Matilde – via S.Ranierino – piazza Arcivescovado – via S.Maria – Lungarno Pacinotti – Ponte di Mezzo - Lungarno Gambacorti – via Mazzini – piazza Vittorio Emanuele II – Stazione FS – via Corridoni – Cavalcavia S.Giusto – piazza Giusti – via dell’Aeroporto – via P.Pardi – via S.Agostino – via SS Efsio e Potito – via Frà Mansueto (S.Giusto)</p> |
| 5 | <p>per C.E.P. (Putignano) via Putignano – via Emilia – Cavalcavia S.Ermete Ovest – via Montanelli – via S.Marco – via Da Morrone - Cavalcavia S.Giusto – via Corridoni – Stazione FS - piazza Vittorio Emanuele II – via Croce – via Giuliano da Sangallo – Lungarno Fibonacci – Lungarno Galilei – Lungarno Gambacorti - Ponte Solferino – via Fermi – via Rustichello – via Bonanno Pisano – via Gabba – via Andrea Pisano (Ospedale S. Chiara) – via Due Arni – via Michelangelo – via Brunelleschi (C.E.P.)</p> <p>per PUTIGNANO (C E P) via Brunelleschi – via Due Arni – via Andrea Pisano – via Gabba – via Bonanno Pisano – via Rustichello – via Fermi – piazza Solferino – Lungarno Pacinotti – Ponte di Mezzo – Lungarno Gambacorti – via Mazzini – piazza Vittorio Emanuele II – Stazione FS – via Corridoni – Cavalcavia S.Giusto – piazza Giusti – via Montanelli – Cavalcavia S.Ermete Ovest – via Emilia – via S.Ermete – via Immaginetta – via Arginone – via Putignano (PUTIGNANO)</p> |
| 6 | <p>per BARBARICINA Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II – via Crispi – via Lavagna – piazza S.Paolo a Ripa d’Arno – via Conte Fazio - via Livornese – Ponte CEP – via Brunelleschi – via Raffaello – via Rossini – via Due Arni – via Caduti del Lavoro – viale delle Cascine – via del Capannone (BARBARICINA)</p> <p>per STAZIONE FS (BARBARICINA) via del Capannone – via delle Lenze – via Pierin del Vaga – via Michelangelo – Ponte CEP – via Livornese – via Conte Fazio – via Stampace – via Bixio – piazza Vittorio Emanuele II – Stazione FS</p> |
| 7 | <p>per PRATALE Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II – via Crispi – Ponte Solferino – Lungarno Pacinotti – Lungarno Mediceo – via S.Marta – piazza delle Gondole – via De Amicis – via S.G.Bosco – via Galdi – via Garibaldi – via di Pratale</p> <p>per STAZIONE FS via di Pratale – via Hermada – via Studiati – via Battelli – via S.Francesco – via De Simone – via S.Bibbiana – Lungarno Mediceo – Ponte della Fortezza – Lungarno Galilei – Lungarno Gambacorti – via Mazzini – piazza Vittorio Emanuele II – Stazione FS</p> |
| 8 | <p>per PIAZZA VITTORIO EMANUELE II (COLTANO) via Viadotto – via Le Rene – Ospedaletto – via Emilia – (S.ERMETE) – Cavalcavia S.Ermete Nord – via della Vecchia Tramvia – via Fiorentina – via Cattaneo – via Croce – piazza Vittorio Emanuele II</p> <p>per COLTANO piazza Vittorio Emanuele II – via Croce – via Cattaneo – Cavalcavia S.Ermete Nord – (S.ERMETE) – via Emilia – Ospedaletto – via Le Rene – via Viadotto – via Idrovora – via della Sofina (COLTANO)</p> |
| 9 | <p>per STAZIONE FS (OSPEDALE CISANELLO) via Martin Lutero – via Manghi – via Cisanello – via Nenni – via Matteucci – via Matteotti – Ponte della Vittoria – via Giuliano da Sangallo – via Croce – piazza Vittorio Emanuele II –Stazione FS</p> <p>per CISANELLO Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II – via Croce – via Giuliano da Sangallo - Ponte della Vittoria – via Matteotti – via Matteucci – via Cisanello – via Manghi – via Martin Lutero (OSPEDALE CISANELLO)</p> |

| | |
|----|--|
| 12 | <p>per PIAZZA VITTORIO EMANUELE II (CPT) via Bellatalla – via Emilia – (OSPEDALETTO) – via Emilia – (S.ERMETE) – <i>Cavalcavia S.Ermete Ovest</i> – via Montanelli – via S.Marco – via A. Da Morrone – <i>Cavalcavia S.Giusto</i> – via Corridoni – Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II</p> <p>per OSPEDALETTO CPT piazza Vittorio Emanuele II – via Croce – via Cattaneo – <i>Cavalcavia S.Ermete Nord</i> – (S.ERMETE) – via Emilia – (OSPEDALETTO) – via Emilia – via Bellatalla (CPT)</p> |
| 13 | <p>per STAZIONE FS (OSPEDALE CISANELLO) via Martin Lutero – via S.Biagio – via delle Torri – via Basilicata – via di Parigi – via Cuppari – via S.Michele Degli Scalzi – via Matteotti – <i>Ponte della Vittoria</i> – via Giuliano da Sangallo – via Croce – piazza Vittorio Emanuele II – Stazione FS</p> <p>per PISANOVA – CISANELLO Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II – via Crispi – <i>Ponte Solferino</i> – Lungarno Pacinotti – Lungarno Mediceo – via del Borghetto – via Luschi – via Gioberti – via Garibaldi – via Flamini – via Valgimigli – via De Ruggiero – via Di Padule – via Pungiluppo – via Frascani – via Paradisa – via Manghi – via Martin Lutero (OSPEDALE CISANELLO)</p> |
| 14 | <p>per STAZIONE FS (OSPEDALE CISANELLO) via Martin Lutero – via Manghi – via Paradisa – via Novelli – via Bargagna – via Di Padule – via De Ruggiero – via Valgimigli – largo Marchesi – via Betti – via Landi – via Gioberti – via Garibaldi – via S.Marta – <i>Ponte della Fortezza</i> – Lungarno Galilei – Lungarno Gambacorti – via Mazzini – piazza Vittorio Emanuele II – Stazione FS</p> <p>Per PIAGGE – CISANELLO Stazione FS – piazza Vittorio Emanuele II – via Croce – via Giuliano da Sangallo – <i>Ponte della Vittoria</i> – via Matteotti – via Agnelli – via Rainaldo – viale delle Piagge – via Viviani – via Fiore – via di Parigi – via Maccatella – via Mariscoglio – via Tealdi – via Pizzarello – via delle Torri – via S.Biagio – via Martin Lutero (OSPEDALE CISANELLO)</p> |

Tabella 3.1: Descrizione delle linee della rete urbana

Nella zona centrale di Pisa i capolinea dei servizi urbani sono attualmente ubicati in:

- ⇒ piazzale della Stazione (linee 2, 6, 7, 9, 13, 14 e navetta A);
- ⇒ piazza Vittorio Emanuele II (linee 8 e 12);
- ⇒ lungarno Gambacorti (navetta E).

Gli altri capolinea sono, invece, posizionati all'esterno dell'area centrale della città.

Pressochè tutte le linee urbane sono strutturate "ad anello", ovvero con percorsi differenti tra andata e ritorno, e ciò a volte è dovuto anche ai vincoli determinati dai sensi di circolazione della rete viaria.

Alcune linee sono delle vere e proprie circolari, come le linee 13 e 14; altre hanno configurazioni "a cappio", ad "otto" o figure più complesse, spesso interrotti da capolinea intermedi. Da ciò consegue una scarsa leggibilità del sistema, anche se, fortunatamente, sono pochi i casi di varianti o di limitazioni di percorso.

Ne sono un chiaro esempio le linee 13 e 14 che hanno in comune gli stessi capolinea (Stazione FS e via M. Lutero-Ospedale), la stessa frequenza (15' sull'intera giornata) e le medesime punte di carico (che in alcuni tratti superano i 1.200 passeggeri/giorno), ma la prima percorre un ampio giro in senso orario dal quartiere Don Bosco verso S.Biagio, mentre la seconda effettua un analogo giro in senso antiorario "più basso" passando da viale alle Piagge verso l'Ospedale di Cisanello-Pisanova.

In relazione sempre al carico e alla frequenza, altre linee particolarmente significative sono:

- ⇒ la navetta A, dal parcheggio di via Pietrasantina alla Stazione FS;

- ⇒ la linea 2, dalla Stazione FS a Le Maggiola;
- ⇒ la linea 3, dall'Aerostazione a via S.Jacopo;
- ⇒ la linea 4, da via fra' Mansueto a via Belli (I Passi);
- ⇒ la linea 5, da via Putignano a via Brunelleschi (C.E.P.);
- ⇒ la linea 7, da Stazione FS a via di Pratale;
- ⇒ la linea 9, da via M.Lutero (Cisanello) a Stazione FS.

La navetta A presenta uno dei pochi casi di limitazione di percorso: anzichè portare in Stazione FS, si ferma al lungarno Gambacorti. Un altro caso di variante si ha per la linea 2, che prolunga alcune corse alle Maggiola.

Tutte le linee sono cadenzate con una frequenza di 15', ad eccezione della 3 che presenta invece una frequenza di 20' sull'intera giornata. La durata del servizio si svolge su un arco di 13-14 ore, dalle 7,00 alle 20,30; al di fuori di questo intervallo, vengono effettuate corse a frequenza ridotta al mattino a partire dalle 6,30 ed alla sera sino alle 22,00-22,30.

Linee di carattere complementare e caratterizzate da carichi di traffico estremamente contenuti sono, invece, le rimanenti:

- ⇒ la linea 6, da Stazione FS a via del Capannone (Barbaricina);
- ⇒ la linea 8, da Coltano a piazza Vittorio Emanuele II;
- ⇒ la linea 12, da via Bellatalla (Ospedaletto) a piazza Vittorio Emanuele II;
- ⇒ la navetta E, da lungarno Gambacorti al parcheggio di via Brennero.

Quest'ultima è l'unica linea esercita con veicoli elettrici a batteria della rete urbana. Essa, nonostante una frequenza relativamente elevata, pari a una corsa ogni 10' nell'ora di punta mattinata ed ogni 15' nei periodi di morbida, presenta carichi estremamente modesti, di poco superiori ai 100 passeggeri/giorno per senso di marcia.

Altre due linee con carichi pressochè inesistenti, dal punto di vista dell'utilizzo, sono la 12 e la 8, linee peraltro caratterizzate dallo svolgimento del servizio solamente in alcune fasce orarie della giornata.

Nelle seguenti Tabelle 3.2 e 3.3 sono riassunte tutte le caratteristiche relative al numero di corse e alla frequenza media monodirezionale per ciascuna linea.

| CORSE PER LINEA E PERIODO DELLA GIORNATA | | | | | | | |
|---|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Totale corse in partenza dai capolinea | | | | | | | |
| Giorni feriali – orario invernale | | | | | | | |
| Linea | 7.00-8.59 | 9.00-10.59 | 11.00-12.59 | 13.00-14.59 | 15.00-16.59 | 17.00-18.59 | Totale Corse |
| A | 42 | 25 | 31 | 37 | 24 | 24 | 183 |
| C | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| E | 22 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 102 |
| 2 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 96 |
| 3 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 72 |
| 4 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 96 |
| 5 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 95 |
| 6 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 73 |
| 7 | 21 | 16 | 16 | 20 | 16 | 16 | 105 |
| 8 | 3 | - | 2 | 3 | 1 | 2 | 11 |
| 9 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 96 |
| 12 | 3 | - | 7 | 11 | 8 | - | 29 |
| 13 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 96 |
| 14 | 14 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 94 |
| Totale | | | | | | | 1148 |

Tabella 3.2: Corse per linea e periodo della giornata

| FREQUENZA MEDIA MONODIREZIONALE PER LINEA E PERIODO DELLA GIORNATA | | | | | | | |
|---|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Giorni feriali – orario invernale | | | | | | | |
| Linea | 7.00-8.59 | 9.00-10.59 | 11.00-12.59 | 13.00-14.59 | 15.00-16.59 | 17.00-18.59 | Totale Corse |
| A | 6' | 10' | 8' | 7' | 10' | 10' | 8' |
| C | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| E | 11' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 14' |
| 2 | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' |
| 3 | 20' | 20' | 20' | 20' | 20' | 20' | 20' |
| 4 | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' |
| 5 | 16' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' |
| 6 | 18' | 20' | 20' | 20' | 20' | 20' | 20' |
| 7 | 11' | 15' | 15' | 12' | 15' | 15' | 14' |
| 8 | 80' | n.c. | 120' | 80' | 240' | 120' | 131' |
| 9 | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' |
| 12 | 80' | n.c. | 34' | 22' | 30' | n.c. | 50' |
| 13 | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' |
| 14 | 17' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' | 15' |

Tabella 3.3: Frequenza media monodirezionale per linea e fasce orarie della giornata

Nella seguente Tabella 3.4 vengono indicate le principali caratteristiche delle linee: lunghezza (espressa in km) dei percorsi di andata e di ritorno, la velocità commerciale media assunta (km/h), la stima del N° di bus occorrente nell'ora di punta ed il tempo di percorrenza per ciascuna direzione di marcia.

Per la linea 2, che in andata presenta 2 possibili destinazioni (Duca d'Aosta e Le Maggiola), si sono riportati i valori delle medesime grandezze (lunghezze, velocità commerciale media, N° di bus in ora di punta e tempo di percorrenza) per ciascuna delle possibili destinazioni della linea (2a e 2b).

| VELOCITA' COMMERCIALE LINEE Giorni feriali – orario invernale | | | | | |
|--|----------------|-------------------------------|----------------|--------------------------------|--|
| Linea | Lunghezza [km] | Velocità comm.le media [km/h] | N° bus (Stima) | Tempo di percorrenza A/R [min] | Descrizione A=andata R=ritorno |
| A | 3+100-3+800 | 13,8 | 7 | 13'-17' | A: Stazione FS/Park Pietrasantina; R: Park Pietrasantina/Stazione FS |
| C | 0+850-0+850 | 6,4 | 2 | 8'-8' | A: Duomo/Park Pietrasantina; R: Park Pietrasantina/Duomo |
| E | 2+400-2+600 | 12,5 | 4 | 13'-11' | A: Pacinotti/Park Brennero; R: Park Brennero/Pacinotti |
| 2a | 6+600-4+800 | 18,0 | 2 | 21'-17' | A: Stazione FS/Duca d'Aosta; R: Duca d'Aosta/Stazione FS |
| 2b | 7+500-5+700 | 18,9 | 2 | 23'-19' | A: Stazione FS/Le Maggiola; R: Le Maggiola/Stazione FS |
| 3 | 9+200-9+200 | 17,8 | 4 | 31'-24' | A: Aerostazione/S.Jacopo; R: S.Jacopo/Aerostazione |
| 4 | 7+700-8+200 | 17,3 | 5 | 28'-27' | A: S.Giusto/I Passi; R: I Passi/S.Giusto |
| 5 | 8+800-10+100 | 19,9 | 5 | 28'-29' | A: Putignano/Cep; R: Cep/Putignano |
| 6 | 6+800-4+950 | 20,7 | 3 | 18'-16' | A: Stazione FS/Barbaricina; R: Barbaricina/Stazione FS |
| 7 | 4+170-4+280 | 16,4 | 4 | 16'-15' | A: Stazione FS/Pratale; R: Pratale/Stazione FS |
| 8 | 13+650-13+450 | 29,6 | 1 | 25'-30' | A: Coltano/p.zza V.Emanuele; R: p.zza V.Emanuele/Coltano |
| 9 | 3+970-4+080 | 20,1 | 3 | 12'-12' | A: Ospedale/Stazione FS; R: Stazione FS/Ospedale |
| 12 | 6+700-6+500 | 22,0 | 2 | 18'-18' | A: Ospedaletto/p.zza V.Emanuele; R: p.zza V.Emanuele/Ospedaletto |
| 13 | 4+500-6+600 | 17,5 | 3 | 16'-22' | A: Ospedale/Stazione FS; R: Stazione FS/Ospedale |
| 14 | 5+600-5+000 | 17,2 | 3 | 20'-17' | A: Ospedale/Stazione FS; R: Stazione FS/Ospedale |
| Totale | 181+650 | 19,1 | 50 | 572' | |

Tabella 3.4: Lunghezza e velocità commerciale per linea

Le Tavole che seguono mostrano:

- ⇒ il tracciato delle linee all'interno del territorio comunale di Pisa (Tavola 3.1: *Schema della rete urbana*);
- ⇒ le linee urbane con tutte le fermate ed i corrispondenti codici di fermata (Tavola 3.2: *Mappa delle fermate della rete urbana*);
- ⇒ i tempi indicativi di percorrenza tra fermata e fermata per tutte le linee del trasporto pubblico urbano (Tavola 3.3: *Tempi indicativi di percorrenza tra fermate*

).



3.2 ELEMENTI CARATTERISTICI DEI SERVIZI EXTRAURBANI

Nelle tavole 3.4 e 3.5 sono riportati rispettivamente i percorsi extraurbani ed urbani delle principali linee automobilistiche extraurbane che interessano la città di Pisa. Tra queste, di particolare importanza per quanto riguarda alcune relazioni interne al territorio comunale, non servite dal servizio urbano, sono la Pisa-Tirrenia-Livorno (E010), la Pisa-Cisanello-Pettori (E150) e la Pisa-Navacchio-Calci-Trecolli (E160).

A parte la linea E010, che ha frequenza, tra il litorale e Pisa, di una corsa ogni 15' per quasi tutta la giornata, le altre linee hanno un servizio a frequenza oraria con eventuali rinforzi od infittimenti in ora di punta.



3.3 CRITICITA' DEL SERVIZIO

In questo paragrafo si è cercato di analizzare l'aspetto più rilevante della qualità del servizio percepito dall'utenza, ovvero la puntualità, al fine di evidenziare gli ambiti ai quali indirizzare gli interventi, tenuto conto che su questo aspetto grande influenza hanno le condizioni della rete viaria comunale e, conseguentemente, del traffico.

Nella tabella 3.6 è stata riportata una tabella con i dati dei ritardi sulla base di rilievi effettuati dall'Azienda esercente, da cui si ricava una situazione che - a prima vista - sembrerebbe soddisfacente.

Di diverso segno sono invece i risultati di un'indagine sulla puntualità rilevata alla palina, svolta dagli Uffici del Servizio Mobilità e Qualità della Città. Questa indagine è consistita nel rilevare gli orari di transito dei mezzi pubblici alle fermate poste in una località centrale (P.za V. Emanuele II), in alcune giornate feriali del mese di ottobre 2002.

Per esprimere in modo sintetico i risultati di questa indagine, si sono elaborati gli indici di puntualità con ritardo compreso entro 2 minuti, entro 5 minuti ed entro 10 minuti, corrispondenti alla percentuale di corse che è transitata, entro questi intervalli di tempo, rispetto all'ora programmata. E' stata inoltre stimata la quota di corse di cui non è stato rilevato il transito, oppure sono transitate oltre l'ora di transito della corsa successiva (e quindi sono state percepite dagli utenti come "corse saltate").

I valori di tali indici sono:

| | Mattino | Pomeriggio | Giornata |
|----------------|---------|------------|----------|
| Indice 2' | 74% | 43% | 56% |
| Indice 5' | 90% | 66% | 76% |
| Indice 10' | 93% | 80% | 85% |
| Salti di corsa | 1% | 8% | 6% |

Tab. 3.5 Indici di puntualità rilevati alle paline di p.za Vittorio Emanuele

Come si può notare dai dati sopra riportati, la situazione diviene assai più critica nelle ore pomeridiane, ed in particolare nelle ore di punta serali.

Nelle figure 3.1, 3.2 e 3.3 si sono riportati, nell'efficace forma di diagrammi "radar", i dati di puntualità rilevati per tutte le linee che transitano dalle fermate localizzate in p.za V. Emanuele II.

| MEDIA RITARDI PER LINEA E FASCIA ORARIA | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------|---------|
| Rilievo di martedì 22 gennaio 2002 | | | | | | | | |
| Linea | 8.00-9.59 | 10.00-11.59 | 12.00-13.59 | 14.00-15.59 | 16.00-17.59 | 18.00-20.00 | N° casi con ritardo superiore a | |
| | | | | | | | 5 min. | 10 min. |
| A | 3'25" | 0'25" | 0'30" | 0'15" | 0'20" | 0'35" | 5 | - |
| C | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.a. | n.a. |
| E | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.a. | n.a. |
| 2 | 8'00" | 5'50" | 2'30" | 0'45" | 0'35" | 4'20" | 11 | 7 |
| 3 | 4'40" | 6'00" | 4'50" | 0'40" | 3'00" | 2'20" | 11 | 2 |
| 4 | 2'35" | 3'10" | 1'30" | 0'35" | 2'50" | 4'45" | 8 | 1 |
| 5 | 4'20" | 5'15" | 2'30" | 1'00" | 4'30" | 2'30" | 15 | 2 |
| 6 | 3'20" | 3'30" | 2'10" | 0'00" | 3'00" | 0'00" | 5 | - |
| 7 | 6'55" | 3'50" | 2'55" | 1'00" | 1'15" | 1'30" | 11 | 3 |
| 9 | 4'10" | 0'30" | 1'00" | 0'50" | 1'45" | 2'50" | 6 | - |
| 13 | 5'30" | 2'35" | 6'00" | 2'30" | 3'30" | 3'00" | 8 | 6 |
| 14 | 2'45" | 1'30" | 2'45" | 1'00" | 1'00" | 1'15" | 5 | - |
| Totale | | | | | | | 85 | 21 |
| Rilievo di giovedì 4 aprile 2002 | | | | | | | | |
| Linea | 8.00-9.59 | 10.00-11.59 | 12.00-13.59 | 14.00-15.59 | 16.00-17.59 | 18.00-20.00 | N° casi con ritardo superiore a | |
| | | | | | | | 5 min. | 10 min. |
| A | 0'55" | 0'25" | 0'30" | 0'00" | 1'50" | 3'05" | 5 | 1 |
| C | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.a. | n.a. |
| E | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.r. | n.a. | n.a. |
| 2 | 0'20" | 0'30" | 0'10" | 1'10" | 6'00" | 3'50" | 3 | 3 |
| 3 | 4'20" | 9'35" | 5'20" | 0'35" | 2'35" | 1'20" | 5 | 5 |
| 4 | 1'50" | 1'30" | 1'50" | 0'00" | 4'10" | 2'15" | 5 | 1 |
| 5 | 2'05" | 3'50" | 1'45" | 0'30" | 5'00" | 4'00" | 9 | 3 |
| 6 | 2'05" | 0'50" | 0'10" | 0'30" | 2'05" | 0'00" | 0 | 0 |
| 7 | 3'00" | 3'10" | 0'00" | 0'15" | 3'20" | 2'45" | 6 | 1 |
| 9 | 1'35" | 1'10" | 0'50" | 0'45" | 2'35" | 3'10" | 3 | 2 |
| 13 | 2'00" | 1'35" | 1'45" | 0'15" | 2'10" | 1'00" | 2 | 1 |
| 14 | 1'10" | 1'00" | 0'15" | 0'00" | 2'45" | 3'30" | 3 | 1 |
| Totale | | | | | | | 41 | 18 |

Tab. 3.6 Regolarità del servizio: media ritardi (fonte C.P.T.)

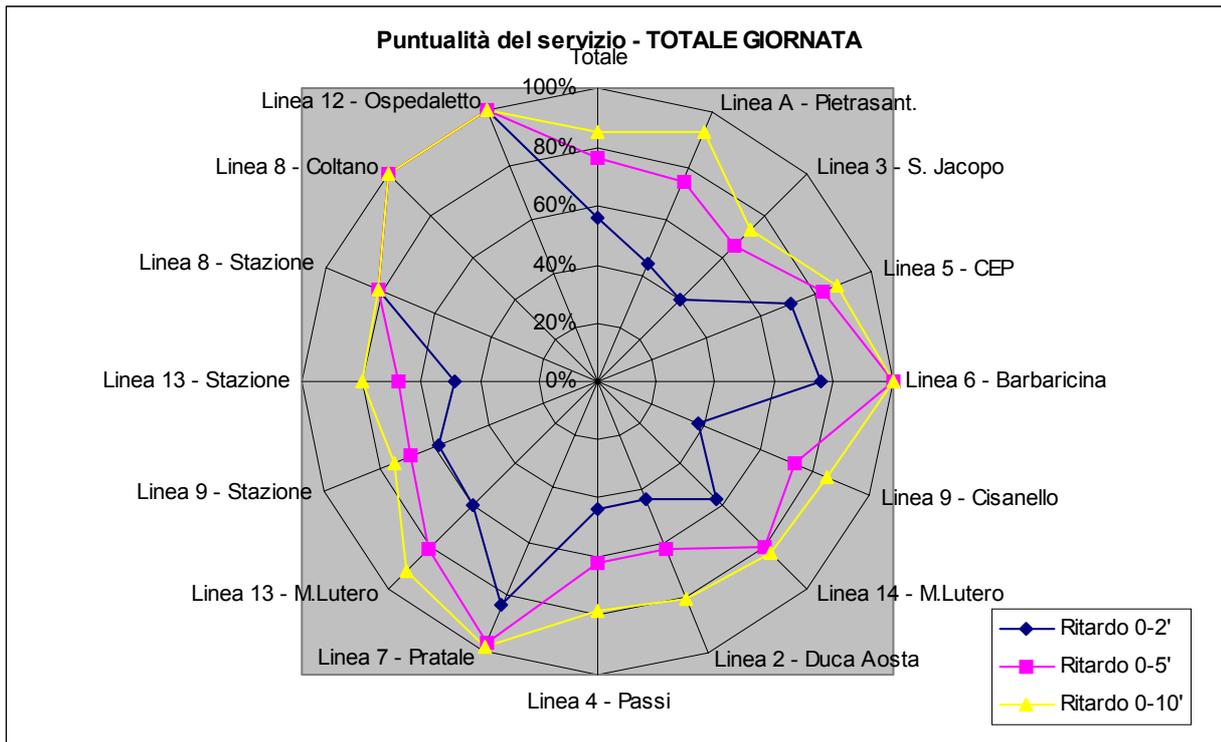


Fig. 3.1 - Regolarità percepita rilevata alle fermate di P.za Vittorio Emanuele - totale giornata

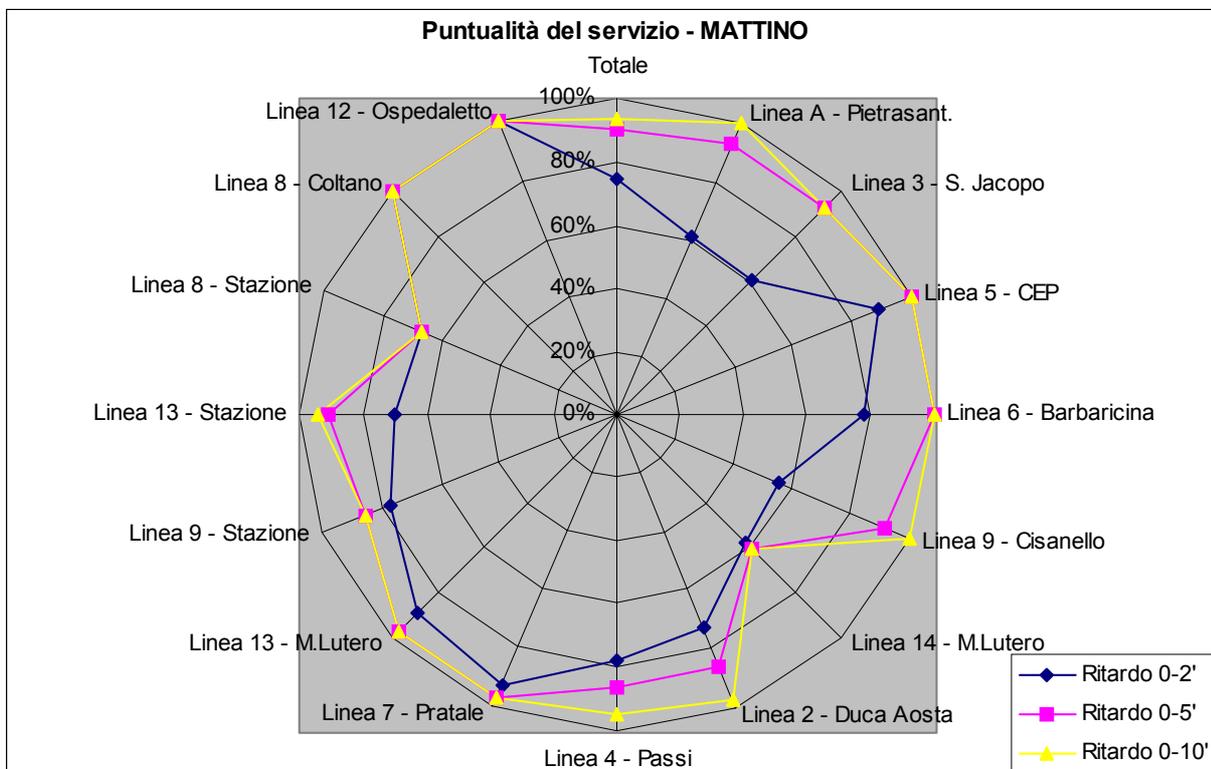


Fig. 3.2 - Regolarità rilevata alle fermate di P.za Vittorio Emanuele - mattino

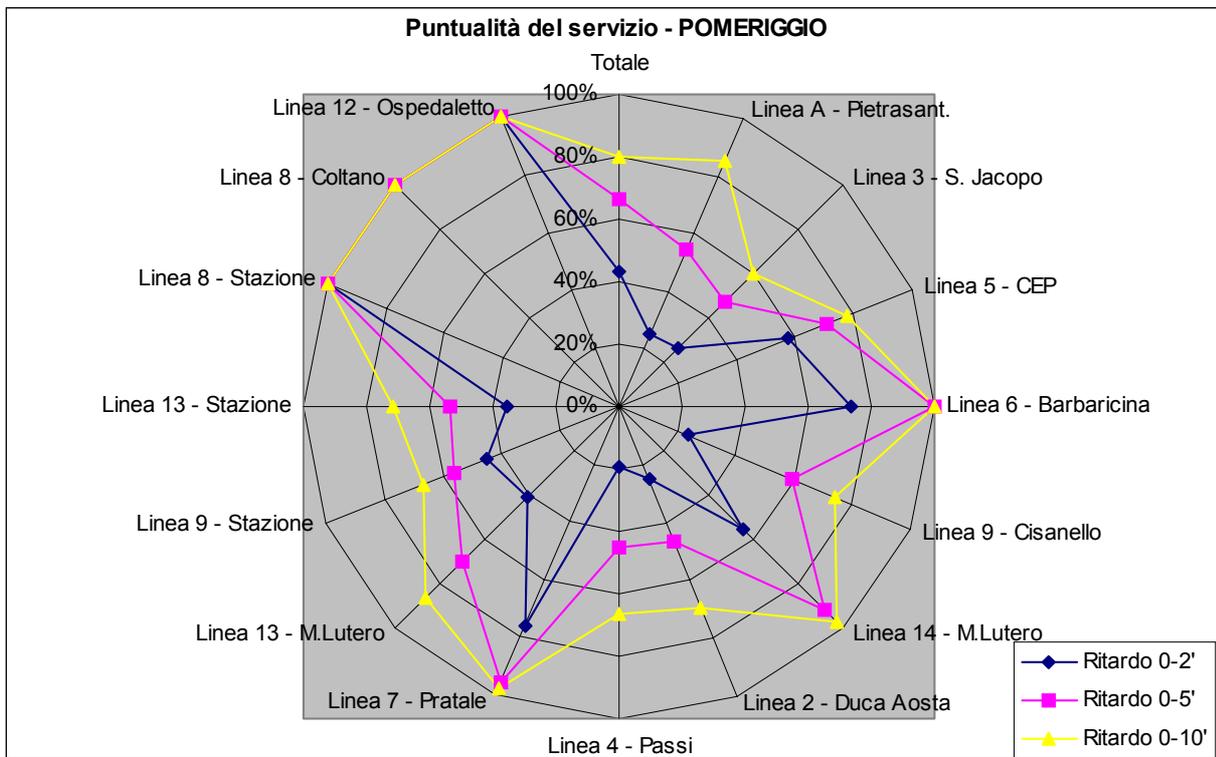


Fig. 3.1 - Regolarità rilevata alle fermate di P.za Vittorio Emanuele - pomeriggio



3.4 ALTRE CARATTERISTICHE DEL SERVIZIO URBANO

Nella seguente tabella 3.7 sono riportate le caratteristiche principali dei mezzi utilizzati per svolgere il servizio urbano di Pisa. Questi dati evidenziano per il parco veicolare, composto da 66 autobus, un buon livello qualitativo, essendo l'età media di soli 7,3 anni, nonostante la presenza di una pattuglia di 7 autobus con oltre 20 anni di età.

Da considerarsi positivamente che il 59% dei veicoli è dotato di pedana per i disabili, ed il 26% è attrezzato con impianto di aria condizionata. Meno bene per quanto riguarda la facilità di accesso, in quanto solamente il 65% del parco è realizzato con pianale ribassato od ultraribassato.

Le dimensioni degli autobus riflettono la necessità di percorrere una rete viaria angusta: solamente 7 autobus sono di lunghezza pari a 12 metri, mentre non vi è alcun mezzo snodato, da cui consegue una capacità complessiva del parco piuttosto limitata.

Da notare la presenza, nel parco veicolare, di 4 veicoli con motore elettrico alimentato da accumulatori. Tali veicoli sono stati acquisiti specificatamente per l'utilizzo sulla linea E ("Navetta elettrica"), in quanto il suo percorso si snoda lungo vie centrali dalla capacità ambientale estremamente ridotta.

| LUNGHEZZA AUTOBUS (m) | ANNO DI PRIMA IMMATRICOLAZIONE | CAPACITA' (a sedere) | CAPACITA' (in piedi) | CAPACITA' (totale) | N° BUS | CAPACITA' x N°BUS | ALTEZZA PIANALE (mm) | ARIA CONDIZION. | PEDANA PER CARROZZ. |
|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--------|----------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|
| 10,73 | 1990 | 19 | 82 | 101 | 16 | 1616 | 700 | NO | NO |
| 10,80 | 1998 | 17 | 72 | 89 | 8 | 712 | 320 | NO | SI |
| 10,80 | 1999 | 17 | 72 | 89 | 5 | 445 | 320 | NO | SI |
| 12,00 | 1995 | 24 | 81 | 105 | 7 | 735 | 320 | NO | SI |
| 10,56 | 1981 | 20 | 79 | 99 | 7 | 693 | 700 | NO | NO |
| 7,70 | 1998 | 11 | 42 | 53 | 6 | 318 | 320 | NO | SI |
| 10,80 | 2001 | 19 | 72 | 91 | 5 | 455 | 320 | SI | SI |
| 7,89 | 2000 | 11 | 45 | 56 | 6 | 336 | 320 | SI | SI |
| 10,79 | 2001 | 17 | 72 | 89 | 2 | 178 | 293 | SI | SI |
| 5,87 (*) | 2001 | 9 | 24 | 33 | 4 | 132 | 258,5 | SI | NO |
| Totali e percentuali | | 164 | 641 | 805 | 66 | 53130 | 65% | 26% | 59% |

(*) Alimentazione elettrica ad accumulatori

Tabella 3.7 - Caratteristiche dei mezzi utilizzati

3.5 TARIFFE E ANALISI DELLA GESTIONE

Nella Tabella 3.9 *Tariffe del trasporto pubblico urbano di Pisa*, riportata in fondo al presente paragrafo, è riportato l'attuale schema tariffario (in euro), relativo al servizio di trasporto pubblico urbano, al servizio navetta e al servizio urbano interzonale "Pisa + litorale".

Le forme di integrazione tariffaria proposte nel bacino di Pisa sono rivolte ai soli utenti abbonati dei servizi automobilistici gestiti dalla stessa azienda, mentre non esiste alcuna forma di integrazione tra servizi automobilistici e servizi ferroviari.

Gli introiti tariffari complessivi per il 2001 sono stati di oltre 2.300.000 euro, di cui il 30% circa derivante dalla vendita degli abbonamenti. Sempre dall'analisi dei dati del venduto, è possibile effettuare una stima dei viaggiatori totali, il cui valore risulta pari a 5.536.500 viaggi/anno, di cui il 52% effettuato da viaggiatori abbonati ed il 48% da non abbonati. Ciò significa che il rapporto tra residenti ad abitanti è pari a 60/viaggi anno, tenendo però presente che questo dato contempla anche i pendolari che utilizzano il servizio urbano.

Nel bilancio complessivo del servizio non vanno dimenticati i ricavi derivanti dalla convezione per la gestione dei parcheggi per i servizi aggiuntivi delle navette, che ammontano, per il 2001, a 501.309 euro.

Un dato interessante è costituito dal raffronto tra il conteggio dei passeggeri effettuato nel corso dell'indagine svolta da TAGES e la stima dei viaggi che vengono effettuati sulla base dei titoli di viaggio rilasciati. Secondo i conteggi effettuati da TAGES, risultano infatti oltre 25.000 passeggeri nella giornata feriale, mentre dal computo dei titoli di viaggio, tenuto conto delle quote di interscambio e del numero di viaggi medio giornaliero per gli abbonati, tale valore è pari a circa 21.000 passeggeri. Da ciò consegue un tasso di abusivismo di oltre il 15%, valore che provoca un sensibile danno per l'azienda e valutabile in oltre 400.000 euro/anno. Si tratta evidentemente di un dato significativo, anche se soggetto a larga approssimazione e pertanto da considerare con cautela.

Nella Figura 3.1 è riportato l'andamento della vendita dei titoli di viaggio nel corso dei mesi dell'anno (rif. 2001), da cui si evidenzia la forte variabilità del dato relativo agli studenti non solo durante il periodo estivo, ma anche una notevole diminuzione man mano che ci si avvicina alla bella stagione. Da notare che il numero degli abbonamenti per studenti non si azzerava completamente in concomitanza con la chiusura delle scuole. Escludendo l'eventualità di una distorsione del dato dovuto ad operazioni contabili, una possibile spiegazione può forse venire trovata nel fenomeno, tipico delle città con una forte presenza universitaria, degli studenti domiciliati.

Il dato relativo ai lavoratori risulta invece più stabile nel corso dell'anno, pur evidenziando una contrazione nel periodo primaverile, particolarmente accentuata nel mese di giugno.

Il grafico evidenzia infine una sorta di controtendenza dei biglietti a tariffa oraria, il cui picco massimo cade nel mese di maggio. Evidentemente, quanti rinunciano all'abbonamento nella bella stagione, presumibilmente perché utilizzano mezzi di trasporto alternativi (piedi, bici, moto), continuano occasionalmente ad utilizzare l'autobus quando le condizioni del tempo sono sfavorevoli.

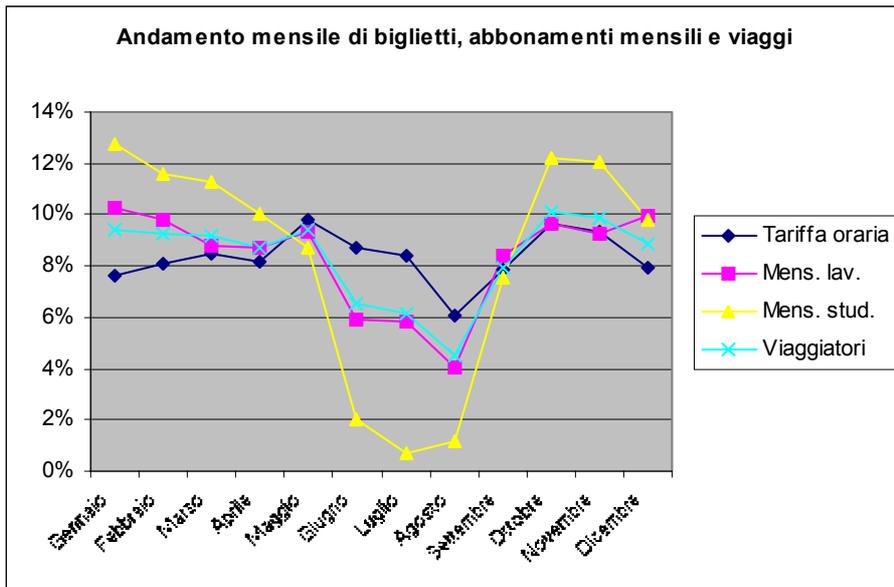


Figura 3.1: Andamento mensile di titoli di viaggio e viaggi - anno 2001

La seguente Figura 3.2 riporta graficamente una stima della composizione dei viaggiatori nei vari mesi dell'anno. Il diagramma conferma quanto già detto precedentemente riguardo l'andamento stagionale dei viaggiatori. In particolare, si evidenzia la quota dei viaggi effettuati da non abbonati aumenta nel periodo estivo, che arriva a quote del 60% nel periodo estivo.

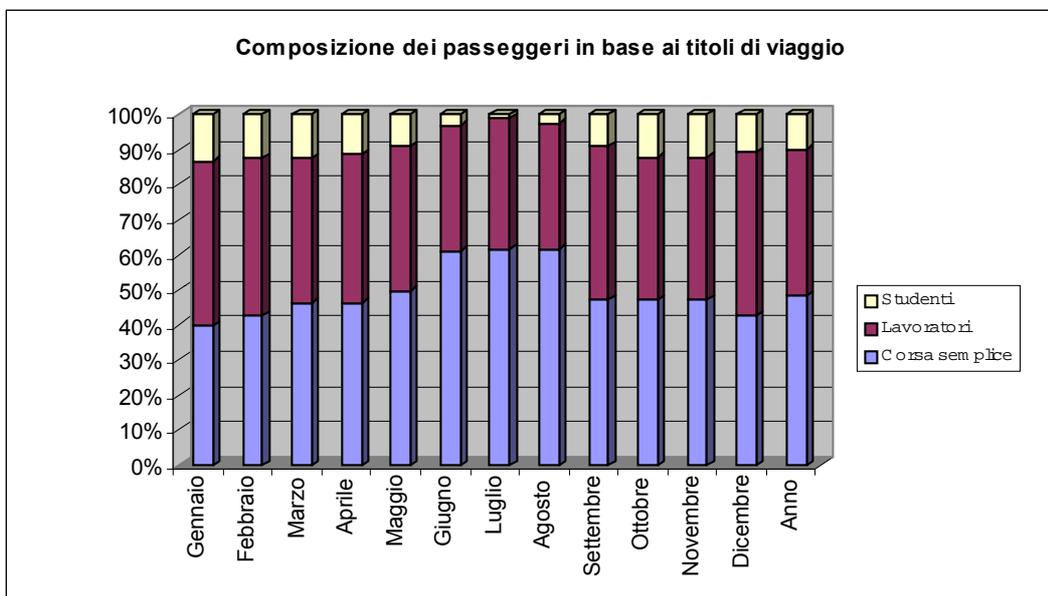


Figura 3.2: Composizione dei passeggeri in base ai titoli di viaggio - anno 2001

Sempre dai ricavi derivanti dal venduto, è possibile compiere una valutazione a titolo indicativo del rapporto ricavi/costi, il quale, come noto, in base al D.Lgs 19 novembre 1997 n. 422, deve risultare pari ad almeno 0,35. Sull'intera rete, tale l'indicatore di efficienza risulterebbe pari a 0,325, valore

che sale a 0,33 escludendo la navetta C, la quale, come noto, svolge servizio gratuito per i turisti dei pullman che utilizzano il parcheggio Pietrasantina. Si tratta tuttavia di un dato, comunque stimato, che, ai fini del presente studio, interessa dal punto di vista relativo, e non assoluto. Ai fini di una corretta valutazione economica vanno, tra l'altro, considerati i proventi derivanti dai parcheggi, che contribuiscono in misura non marginale al riequilibrio contabile.

Esaminando infatti i dati linea per linea, si può notare come ve ne siano tre il cui indicatore di efficienza scende a valori assolutamente inaccettabili: si tratta delle linee E/B, della linea 8 e della linea 12. Va rilevato che queste ultime due linee, a differenza della navetta elettrica, svolgono servizio solo in alcune fasce orarie della giornata. La percorrenza complessiva, svolta da queste tre linee, ammonta a circa 345.000 km/anno, poco meno del 13% del totale del servizio urbano.

Dopo queste tre linee, l'indicatore col valore più basso spetta alla linea 2, che ha un indice di copertura dei costi pari al 19,8%. Da notare come, nel corso del 2001, si sia operato correttamente per migliorare la situazione della linea 6, che è migliorata di una posizione, ma si sia al contempo peggiorata la linea 2.

La linea che, in termini di rapporto ricavi/costi, ha dato il miglior risultato, è risultata la linea 7, con un indice pari a ben 55%, seguita ad una certa distanza dalla linea 13.

| Linea | Codice aziendale | Percorrenze 2001 (bus x km) | | | | pax giorno | Rapporto Ricavi/costi | |
|---------------|------------------|-----------------------------|--------------------|---------|------------|------------|-----------------------|------------|
| | | Preventivo | | | Consuntivo | | Preventivo | Consuntivo |
| | | Servizi Minimi | Servizi Aggiuntivi | Totale | Totale | | | |
| A | 4011 | 163220 | 34901 | 198121 | 201259 | 2651 | 45,3% | 44,5% |
| C(*) | 4010 | 0 | 42162 | 42162 | 41599 | n.r. | 0,0% | 0,0% |
| E | 4001 | 151215 | 32334 | 183549 | 183849 | 294 | 5,4% | 5,4% |
| 2 | 4002 | 196819 | 42086 | 238905 | 289128 | 1683 | 23,8% | 19,7% |
| 3 | 4003 | 239447 | 51201 | 290648 | 288244 | 3013 | 35,1% | 35,4% |
| 4 | 4004 | 250456 | 53555 | 304011 | 303485 | 3279 | 36,5% | 36,5% |
| 5 | 4005 | 296162 | 63328 | 359490 | 352319 | 3226 | 30,3% | 31,0% |
| 6 | 4006 | 134793 | 28823 | 163616 | 131236 | 842 | 17,4% | 21,7% |
| 7 | 4007 | 148210 | 31691 | 179901 | 177794 | 2876 | 54,1% | 54,7% |
| 8 | 4008 | 48956 | 10468 | 59424 | 59649 | 79 | 4,5% | 4,5% |
| 9 | 4009 | 114355 | 24452 | 138807 | 136856 | 1739 | 42,4% | 43,0% |
| 12 | 4012 | 84257 | 18017 | 102274 | 101493 | 143 | 4,7% | 4,8% |
| 13 | 4013 | 170504 | 36459 | 206963 | 204536 | 3050 | 49,8% | 50,4% |
| 14 | 4014 | 160425 | 34303 | 194728 | 192868 | 2707 | 47,0% | 47,5% |
| Plurime scol. | 4015 | 10769 | 2303 | 13072 | 11971 | 132 | 34,1% | 37,3% |
| Totale rete | | 2169588 | 506083 | 2675671 | 2676286 | 25714 | 32,5% | 32,5% |

(*) La navetta "C" svolge servizio gratuito per turisti, con costi a carico della gestione del parcheggio Pietrasantina

Tab. 3.8 - Dati analitici di descrizione del servizio per linea e relativi indicatori di efficienza.

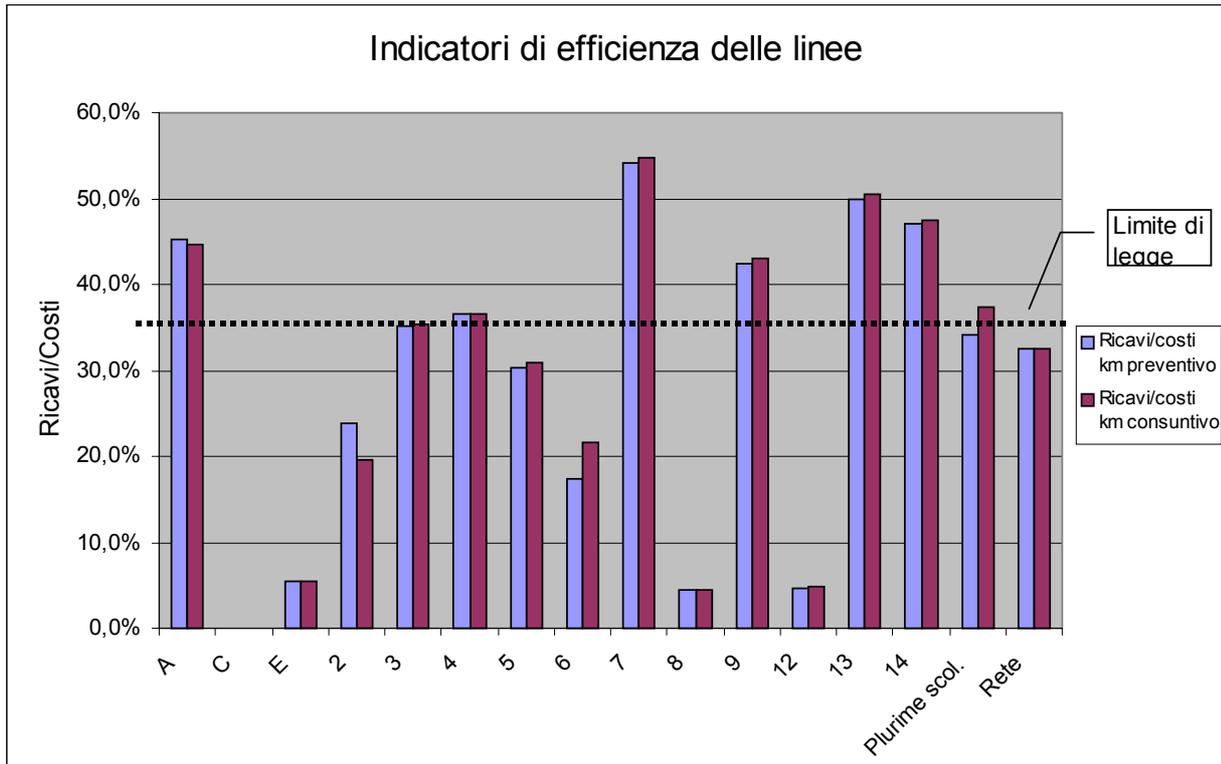


Figura 3.3 - Rapporto di copertura dei costi per linea - preventivo e consuntivo 2001

| SERVIZIO URBANO (prezzi in euro) | |
|--|--------|
| Biglietti | |
| validità oraria 60' | 0,77 |
| validità oraria 120' | 1,03 |
| validità oraria 240' | 1,34 |
| per militari (2 periodi di 60') | 0,77 |
| Giornalieri e Carnet | |
| carta giornaliera | 2,69 |
| carnet 4 biglietti (4 periodi di 60') | 2,84 |
| carnet 10 biglietti (10 periodi di 60') | 6,97 |
| Abbonamenti mensili | |
| personale ordinario | 21,69 |
| ridotto per studenti | 19,11 |
| impersonale | 26,86 |
| integrativo (dell'abbonam.extrarub.) | 14,20 |
| Abbonamenti annui | |
| personale | 185,92 |
| impersonale | 242,73 |
| VENDITA BIGLIETTO A BORDO dalle 21,00 alle 6,00 (60 minuti) | 1,55 |

| SERVIZIO NAVETTA (prezzi in euro) | |
|---|--------|
| Biglietti | |
| giornaliero | 1,03 |
| Abbonamenti mensili | |
| impersonale | 10,33 |
| Abbonamenti annui | |
| impersonale | 103,29 |

| SERVIZIO URBANO INTERZONA - PISA + LITORALE - (prezzi in euro) | |
|---|--------|
| Biglietti | |
| validità oraria 60' | 1,03 |
| Abbonamenti mensili | |
| personale | 24,79 |
| ridotto per studenti | 21,69 |
| impersonale | 30,47 |
| Abbonamenti annui | |
| personale | 211,75 |
| impersonale | 278,89 |

Tab. 3.9 - Tariffe del trasporto pubblico urbano di Pisa

4. ANALISI DELLA DOMANDA

L'analisi delle dinamiche dell'utenza attuale del trasporto pubblico pisano è stata sviluppata principalmente utilizzando i dati raccolti dalla società Tages nei mesi di gennaio e febbraio 2002. Le indagini, che sono state effettuate sull'intera giornata feriale-tipo dalle 6,00 alle 22,00, hanno avuto per oggetto il conteggio dei saliti e dei discesi alle fermate su tutte le corse del servizio, nonché lo svolgimento di un'indagine qualitativa a campione sull'utenza, al fine di rilevare le modalità di effettuazione degli spostamenti e le tipologie di utenza.

Nei paragrafi seguenti si sono quindi riportati i risultati che si ritengono più significativi di tali rilievi. In particolare, rielaborando i dati raccolti, pur se con qualche approssimazione, è stato possibile ricavare i diagrammi di carico delle linee del servizio urbano per le ore di punta e le ore di morbida.

4.1 DIMENSIONI DELL'UTENZA ATTUALE

Dalla rielaborazione del database relativo al conteggio dei saliti e dei discesi per corsa e per fermata dello studio TAGES, è stato possibile ricavare la dimensione dell'utenza, cioè il numero di coloro che utilizzano il mezzo pubblico nelle ore di punta e di morbida della giornata, in forma di diagrammi di carico complessivi per linea e distinti per ora di punta (7.30 - 8.30) e totale giornaliero della giornata feriale-tipo.

I risultati ottenuti, pur se con qualche approssimazione dovuta, tra l'altro, alla conformazione delle linee come circolari, forniscono un'immagine di grande interesse della situazione di carico sulle linee del servizio urbano.

Le figure 4.1 - 4.25 riportano i diagrammi di carico delle linee urbane, separatamente per periodo di punta del mattino e totale giornata.

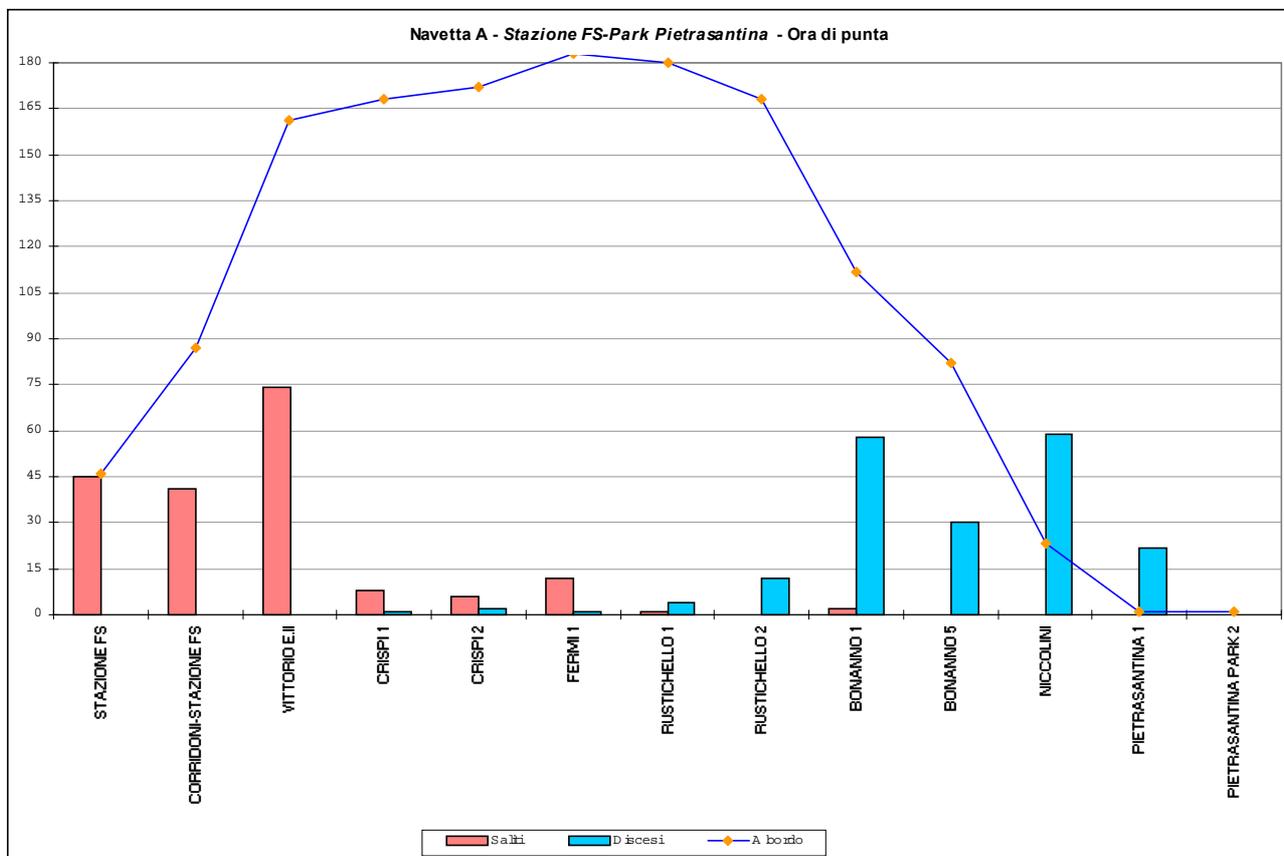
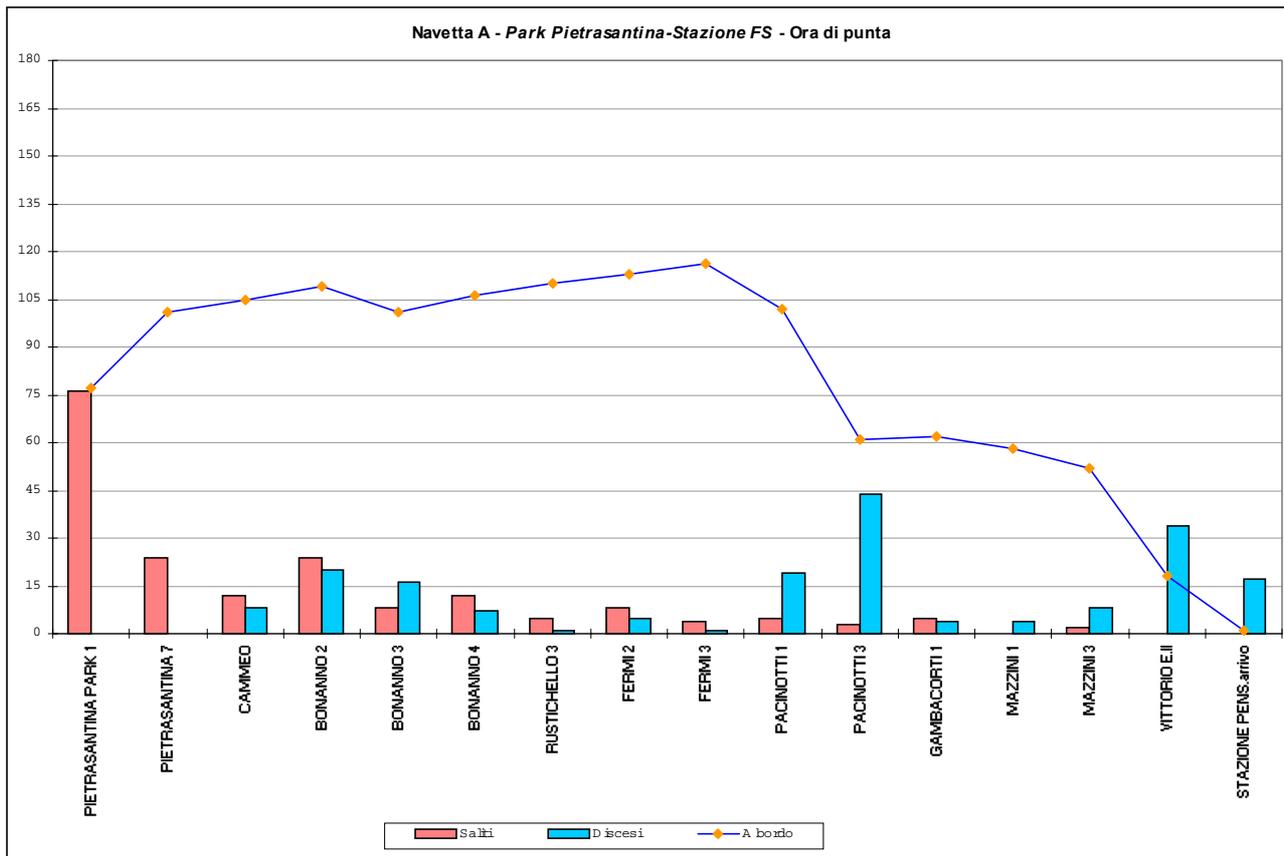


Figura 4.1 - Diagramma di carico navetta "A" - Ora di punta

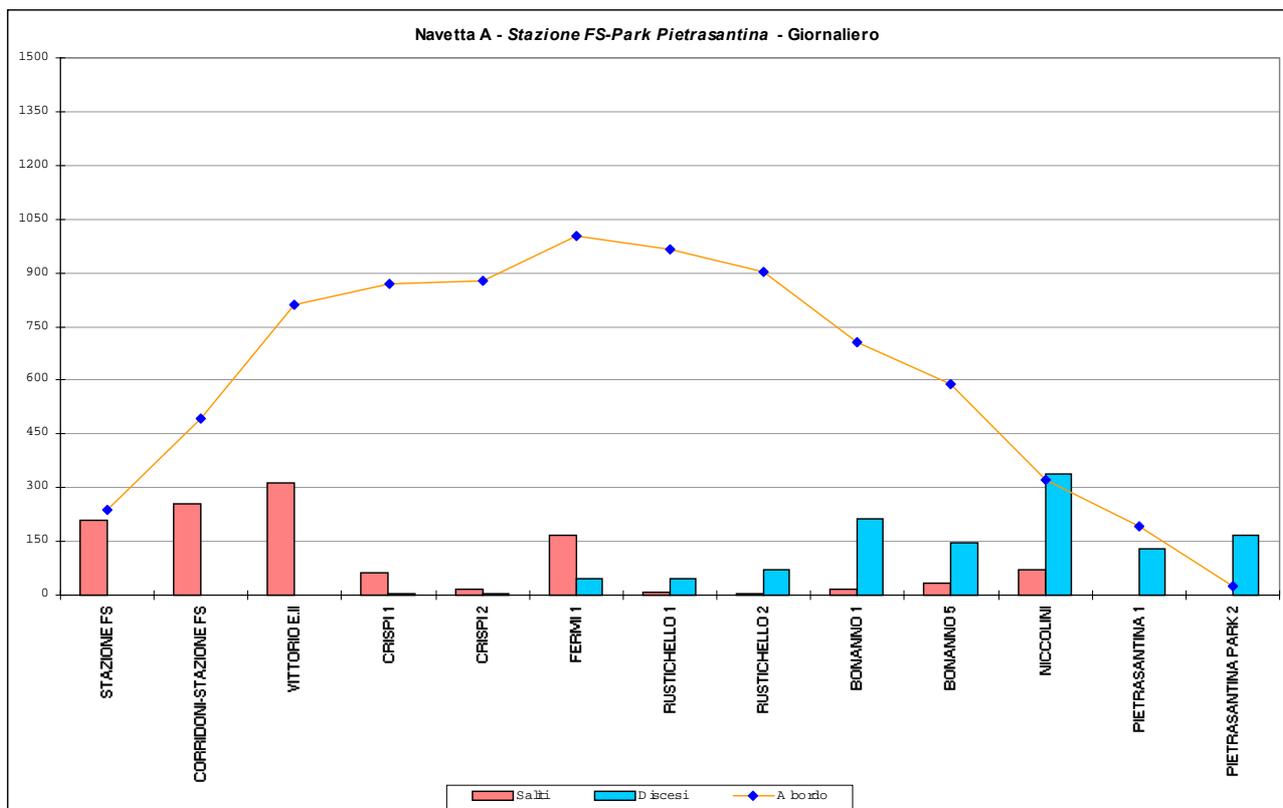
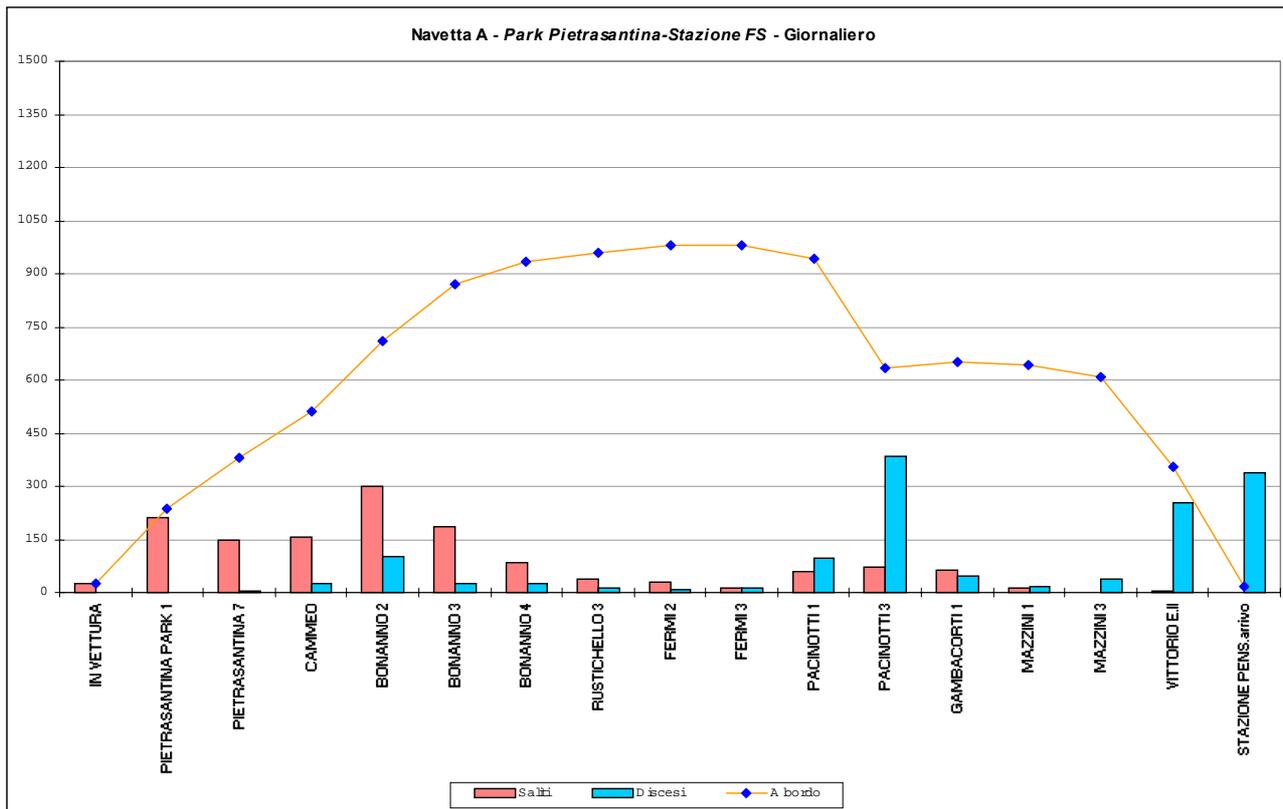


Figura 4.2 - Diagramma di carico navetta "A" - Giornaliero

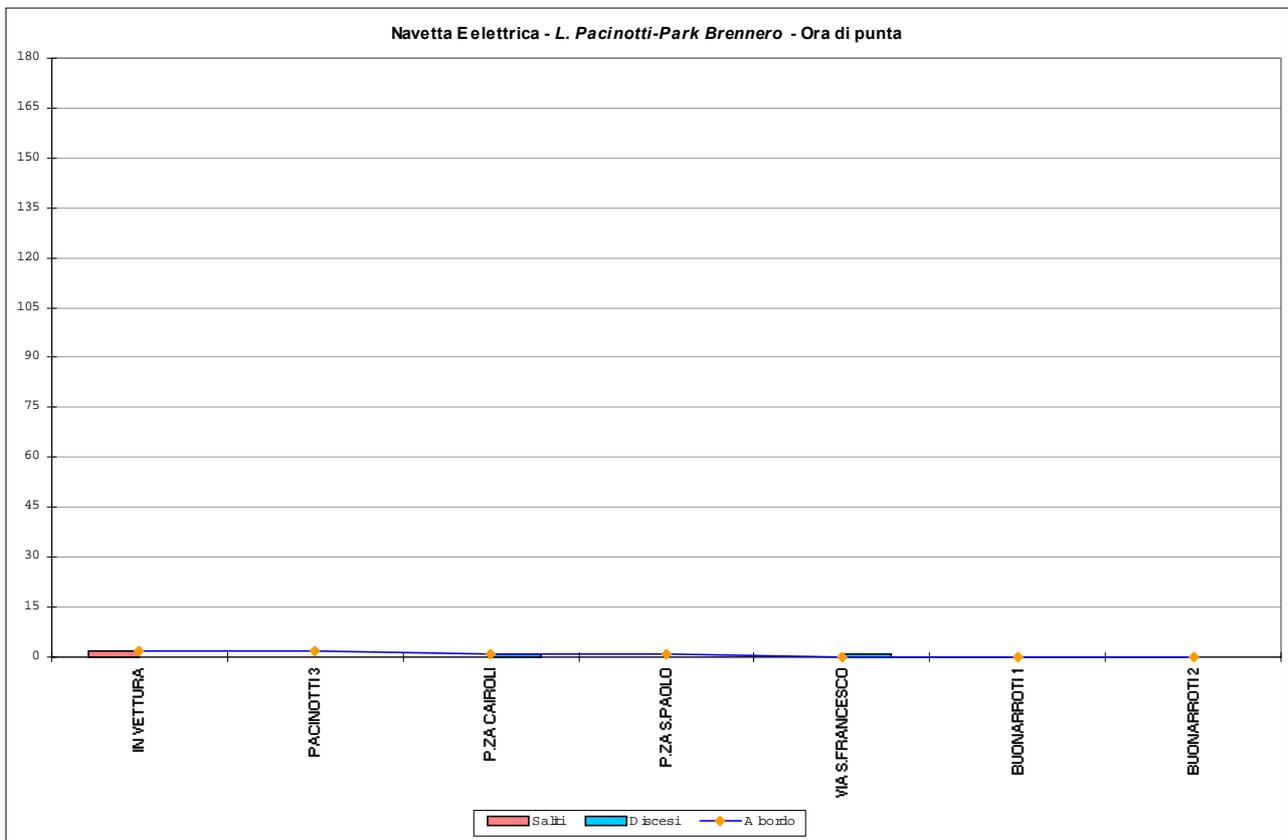
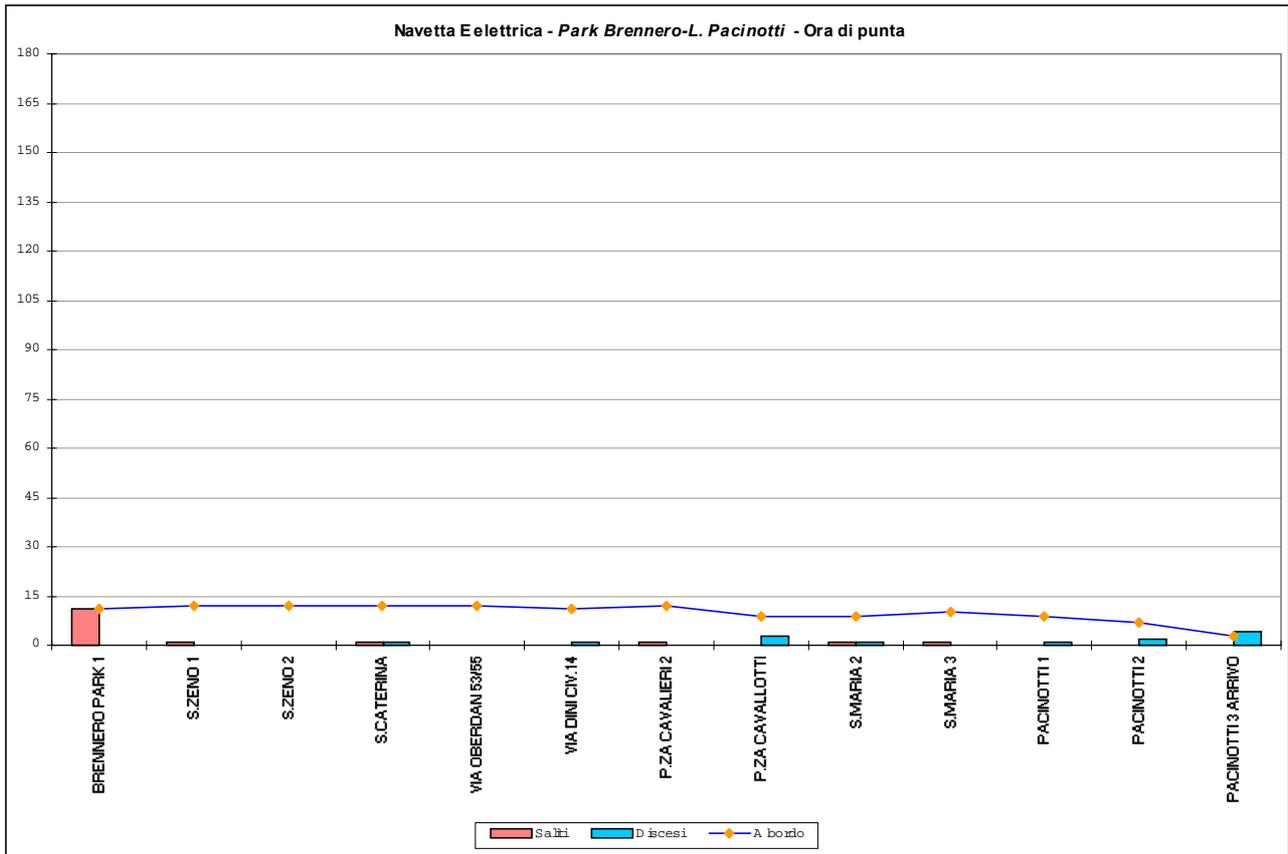


Figura 4.3 - Diagramma di carico navetta "E" - Ora di punta

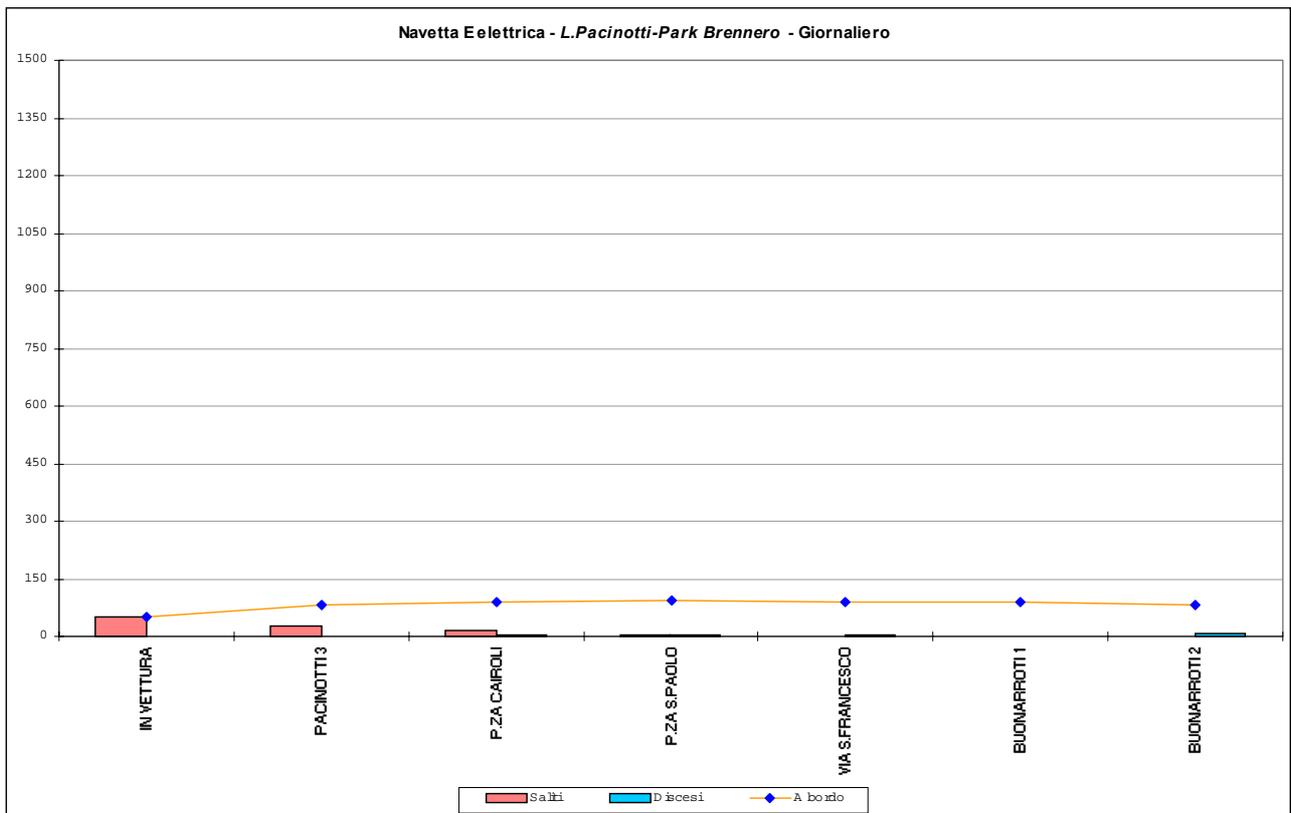
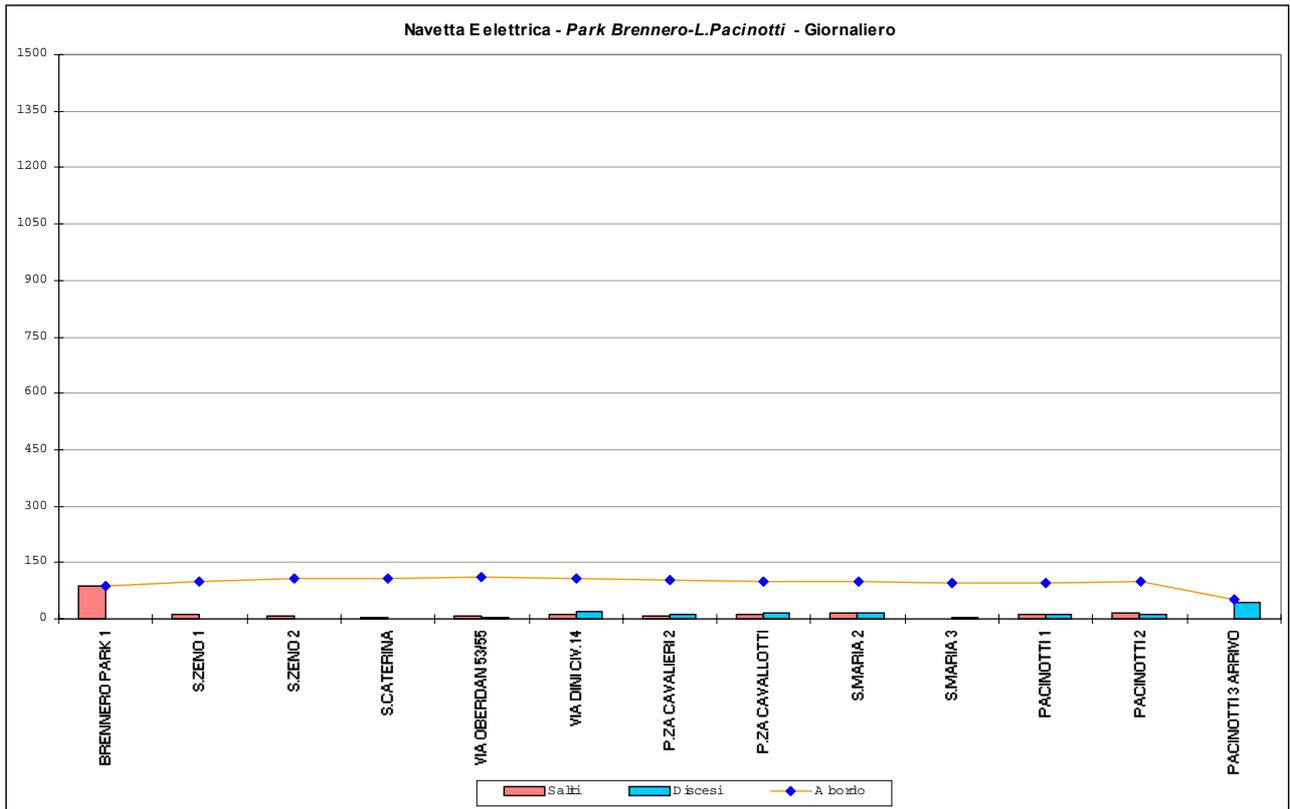


Figura 4.4 - Diagramma di carico navetta "E" - Giornaliero

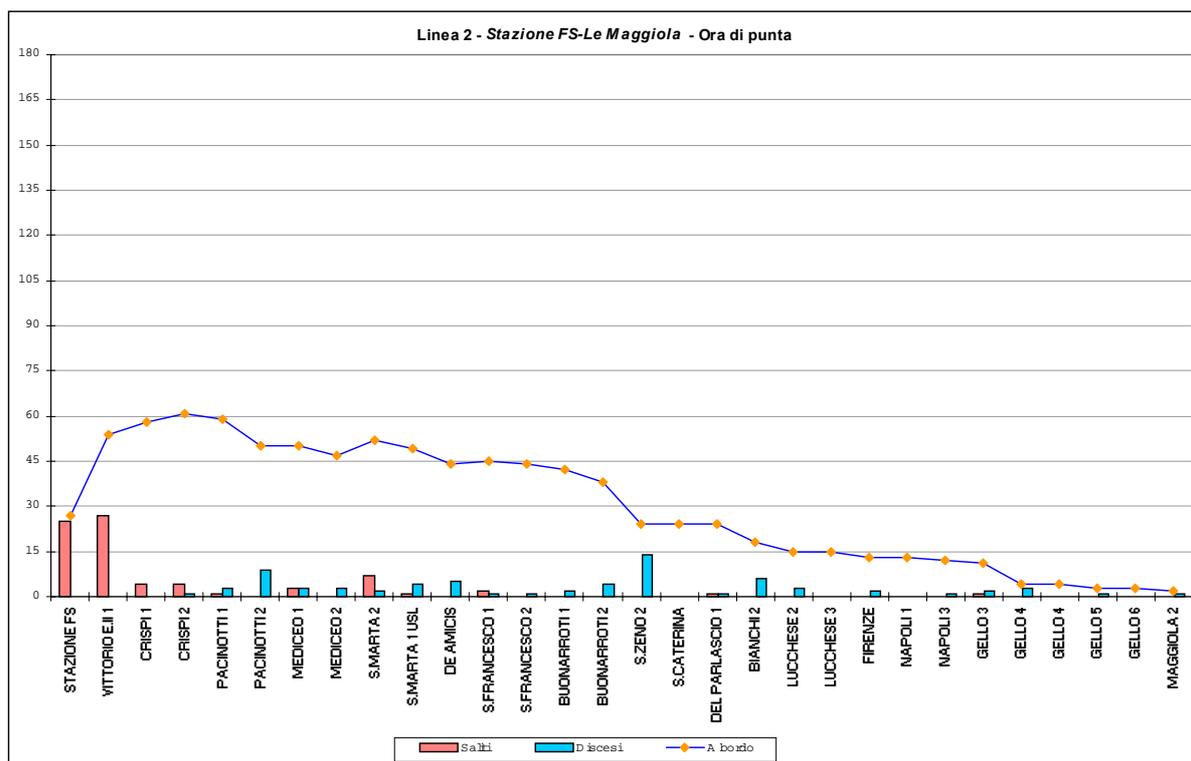
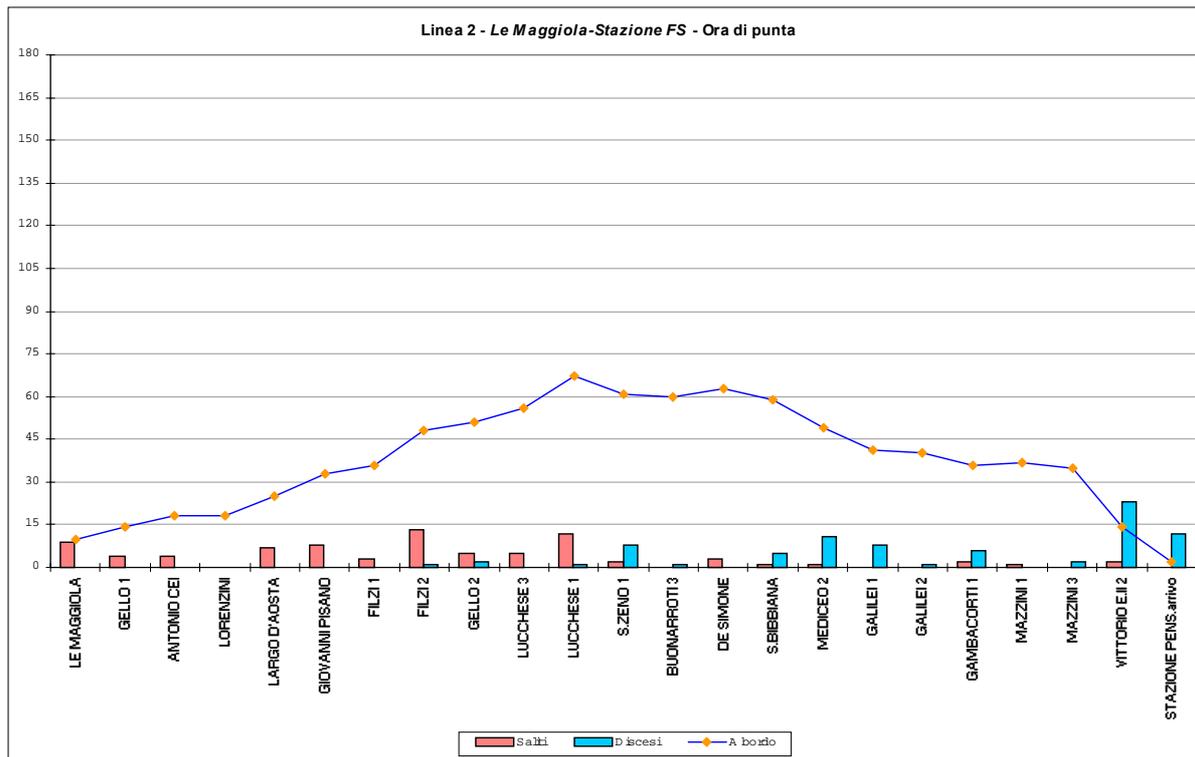


Figura 4.5 - Diagramma di carico linea "2" - Ora di punta

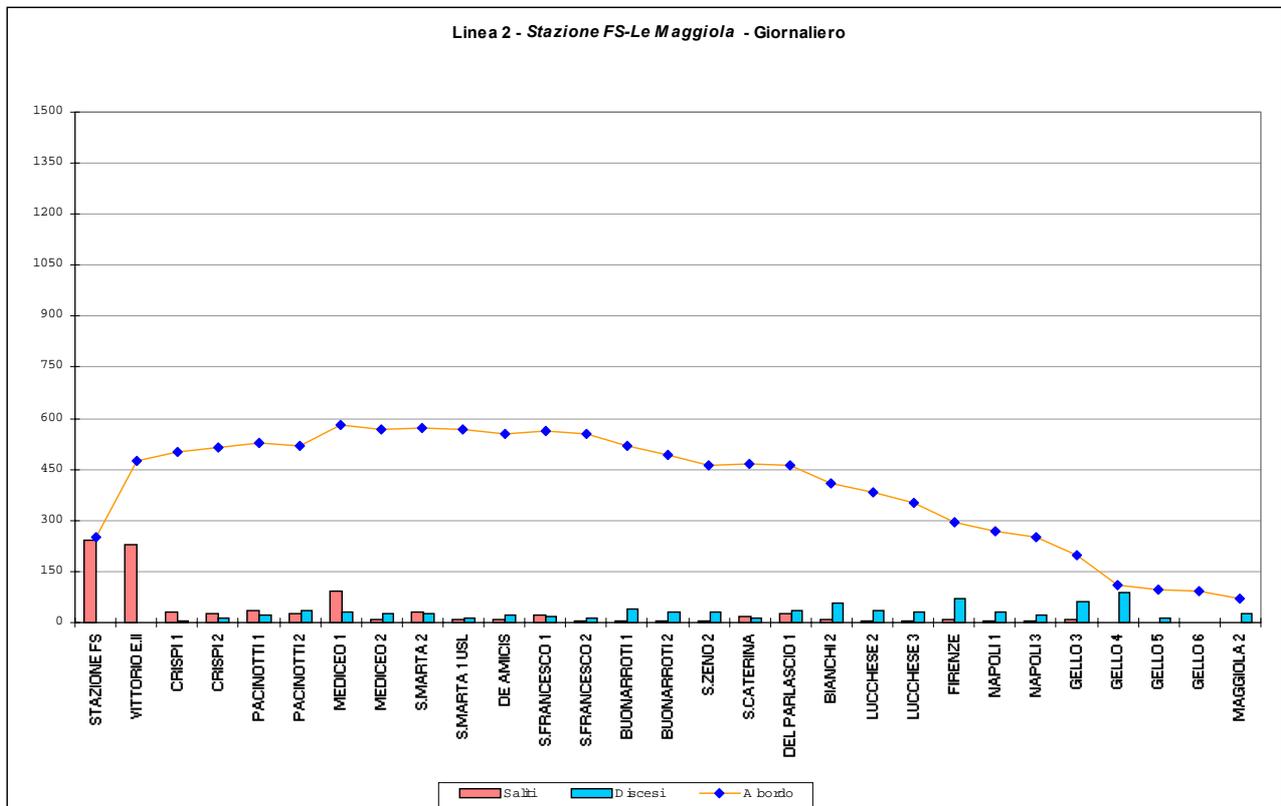
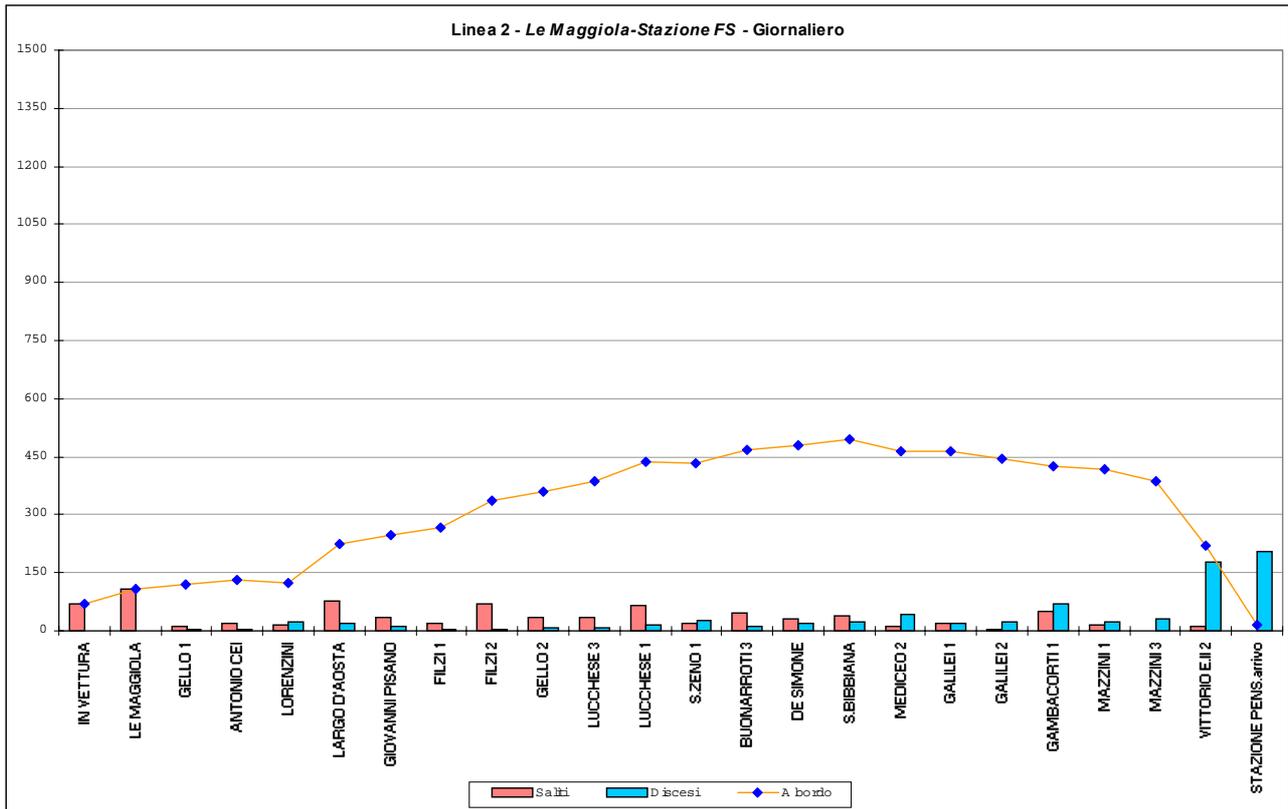


Figura 4.6 - Diagramma di carico linea "2" - Giornaliero

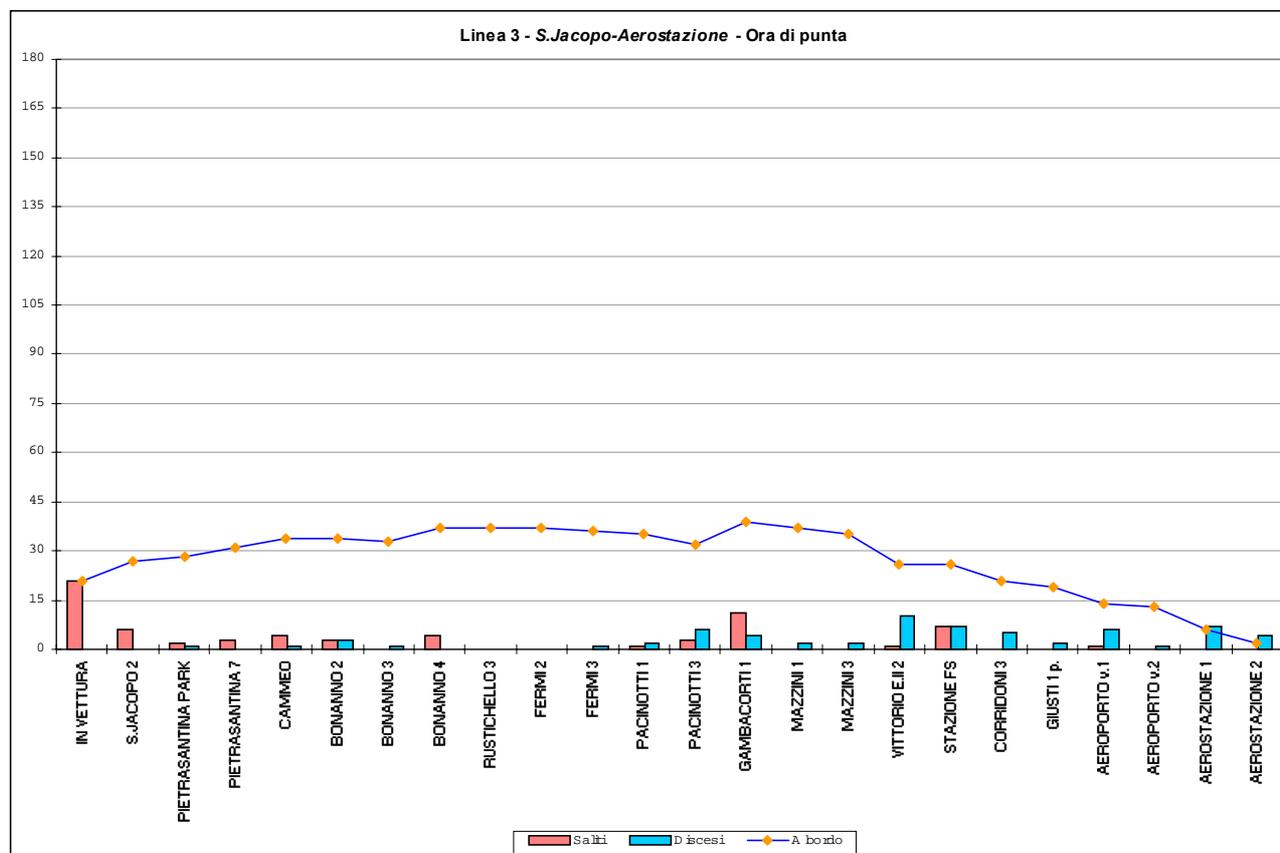
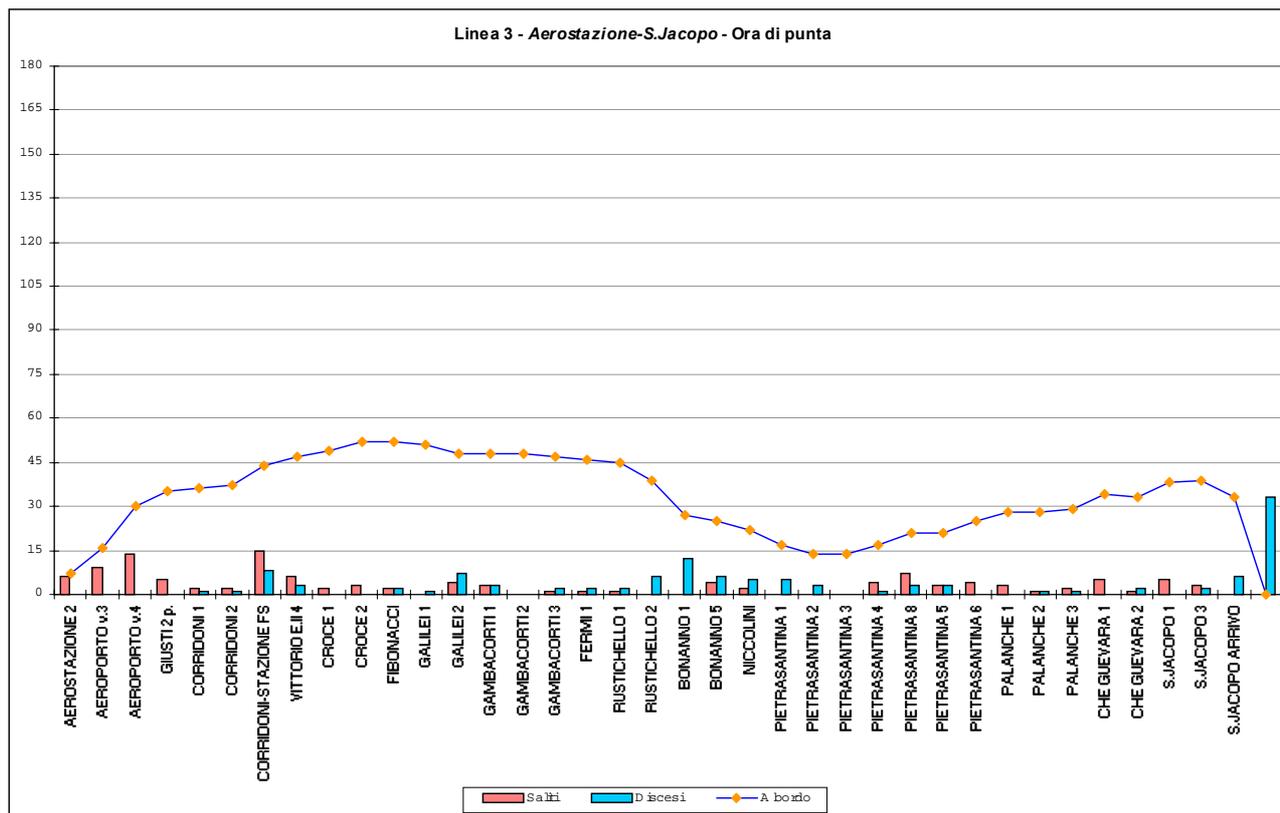


Figura 4.7 - Diagramma di carico linea "3" - Ora di punta

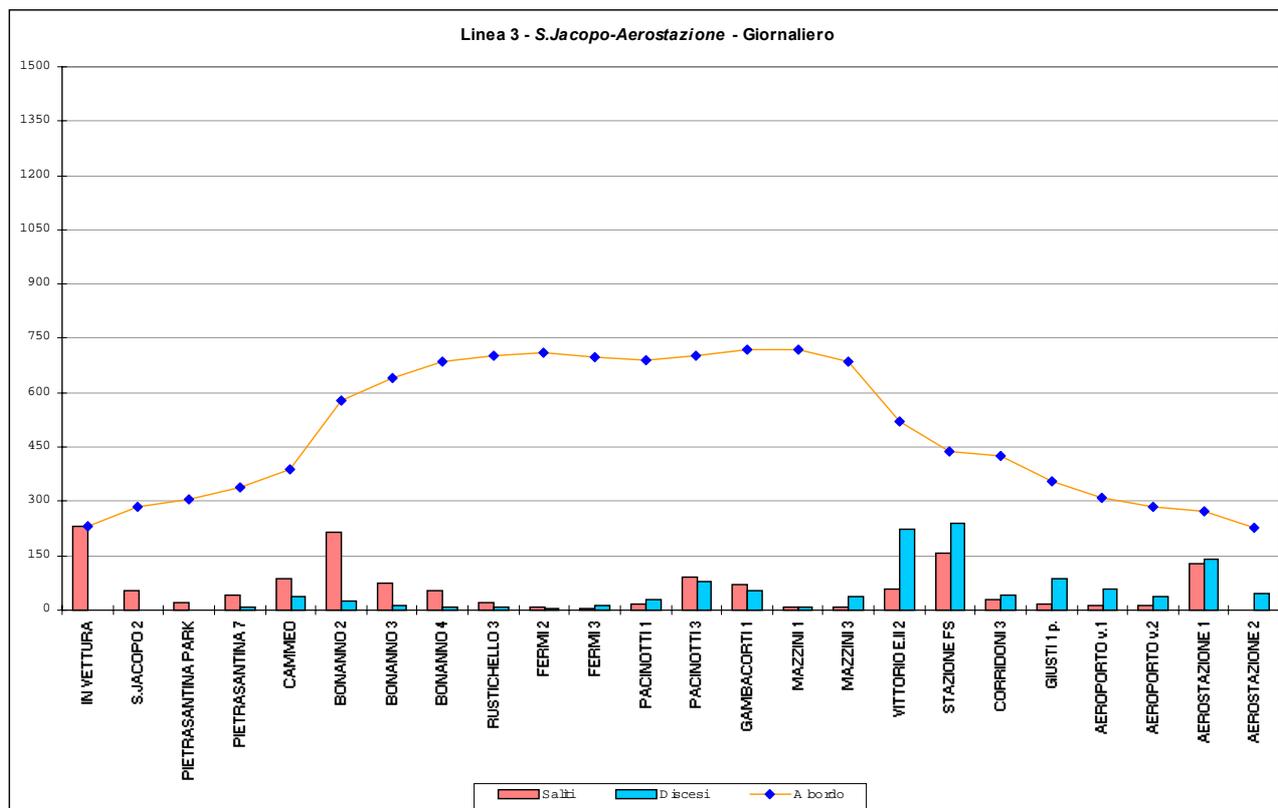
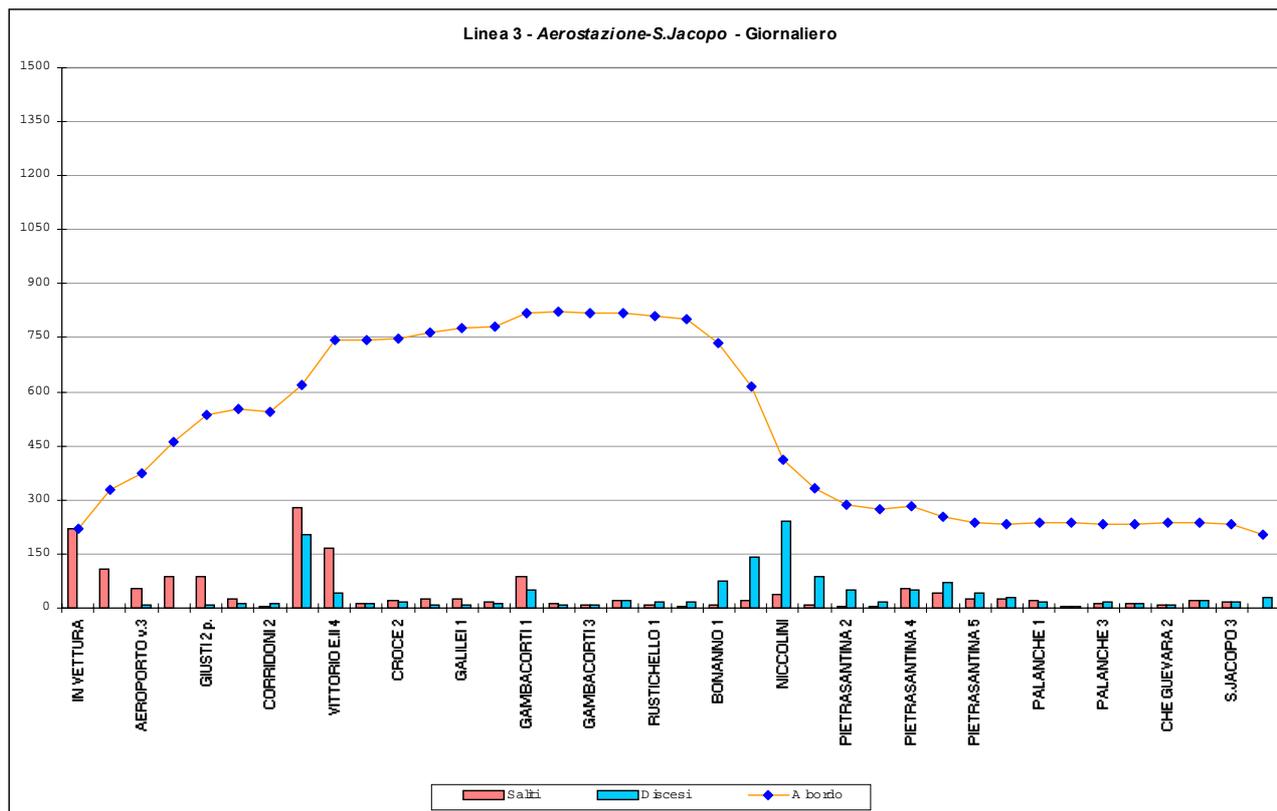


Figura 4.8 - Diagramma di carico linea "3" - Giornaliero

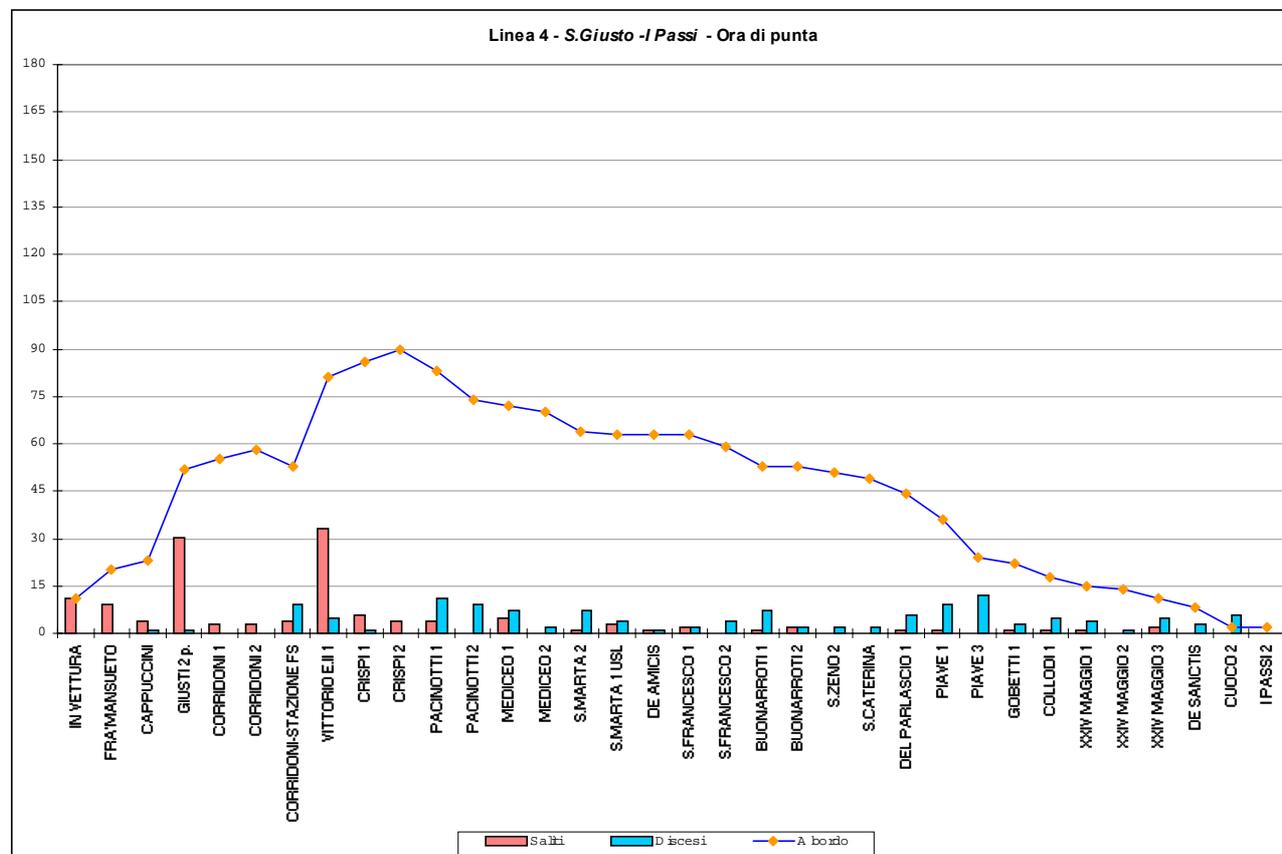
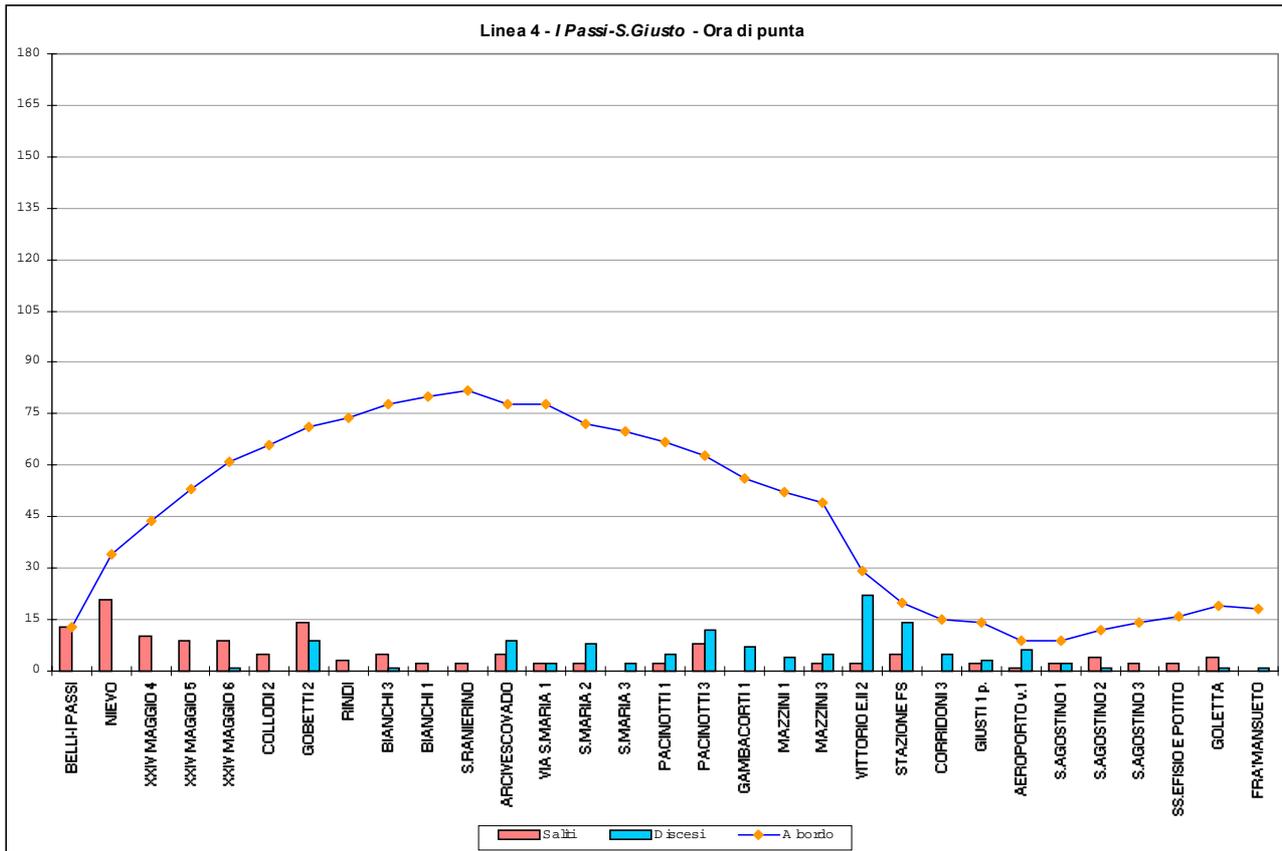


Figura 4.9 - Diagramma di carico linea "4" - Ora di punta

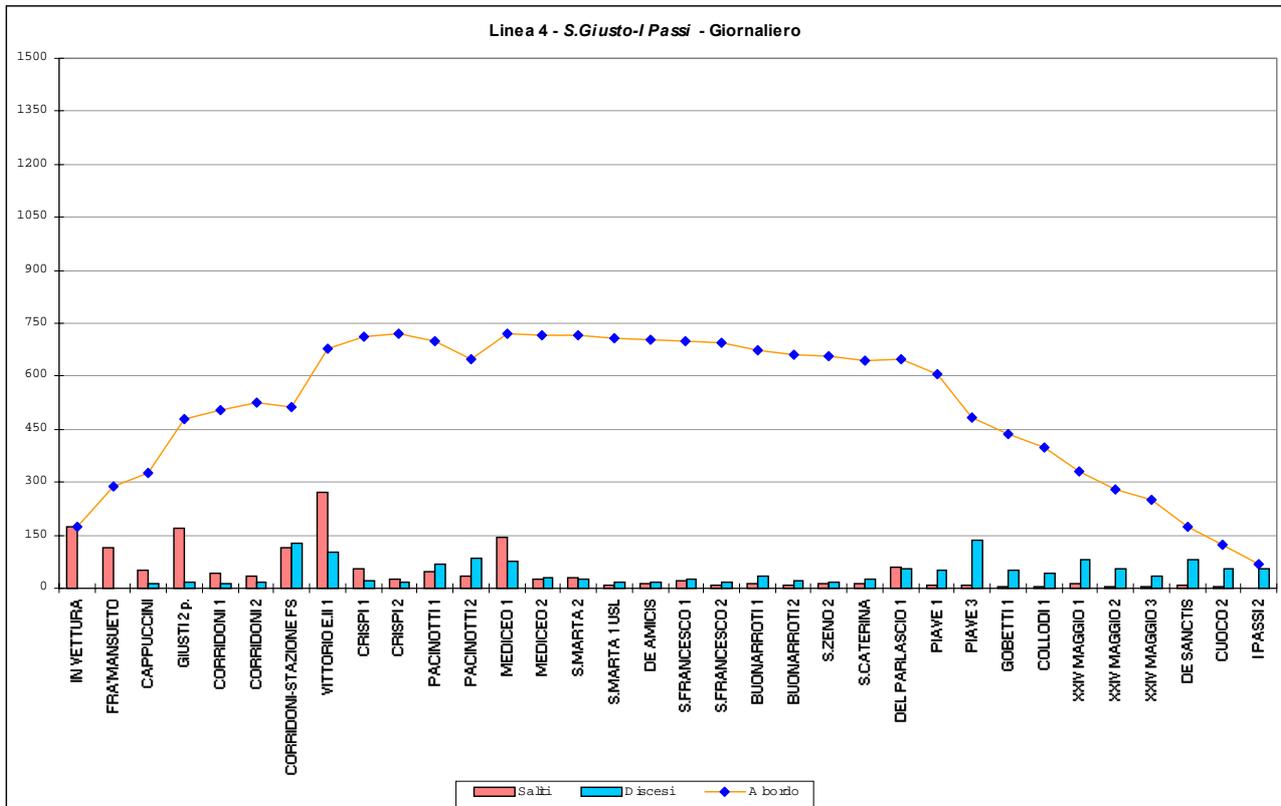
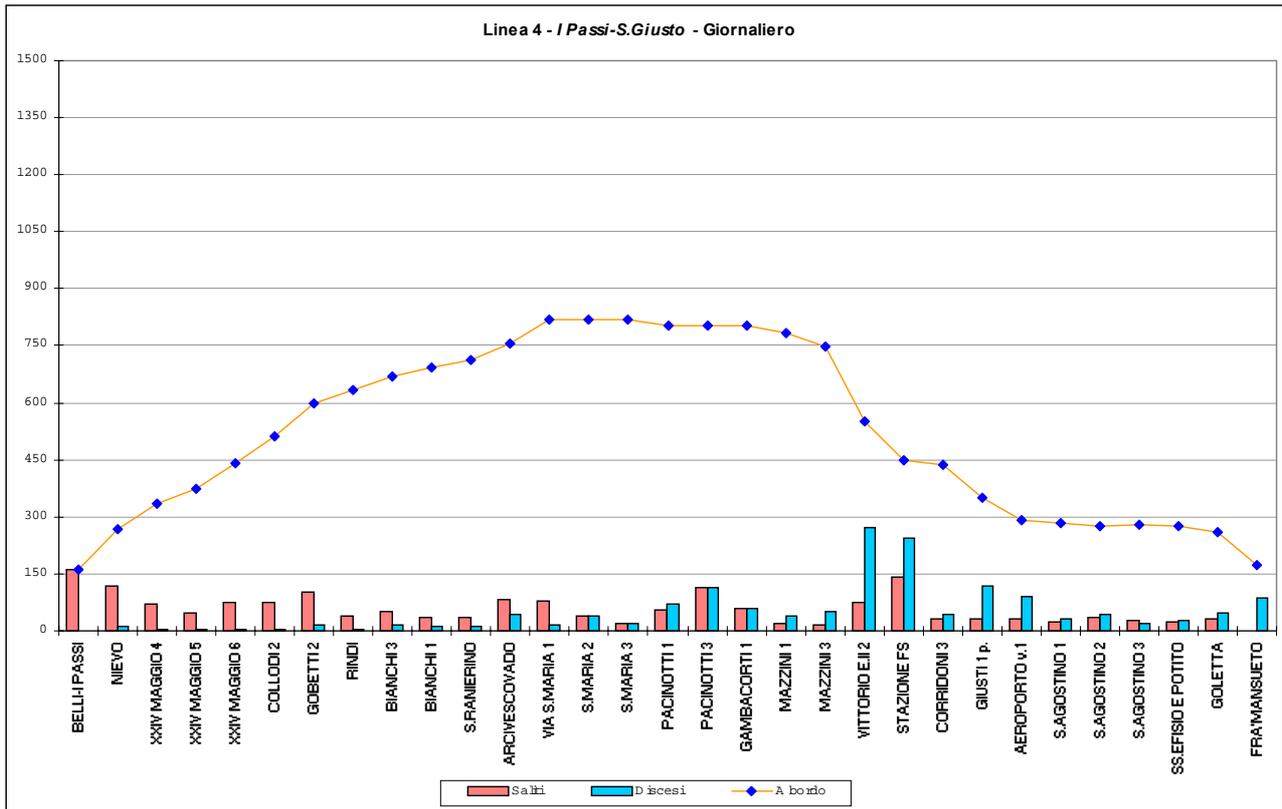


Figura 4.10 - Diagramma di carico linea "4" - Giornaliero

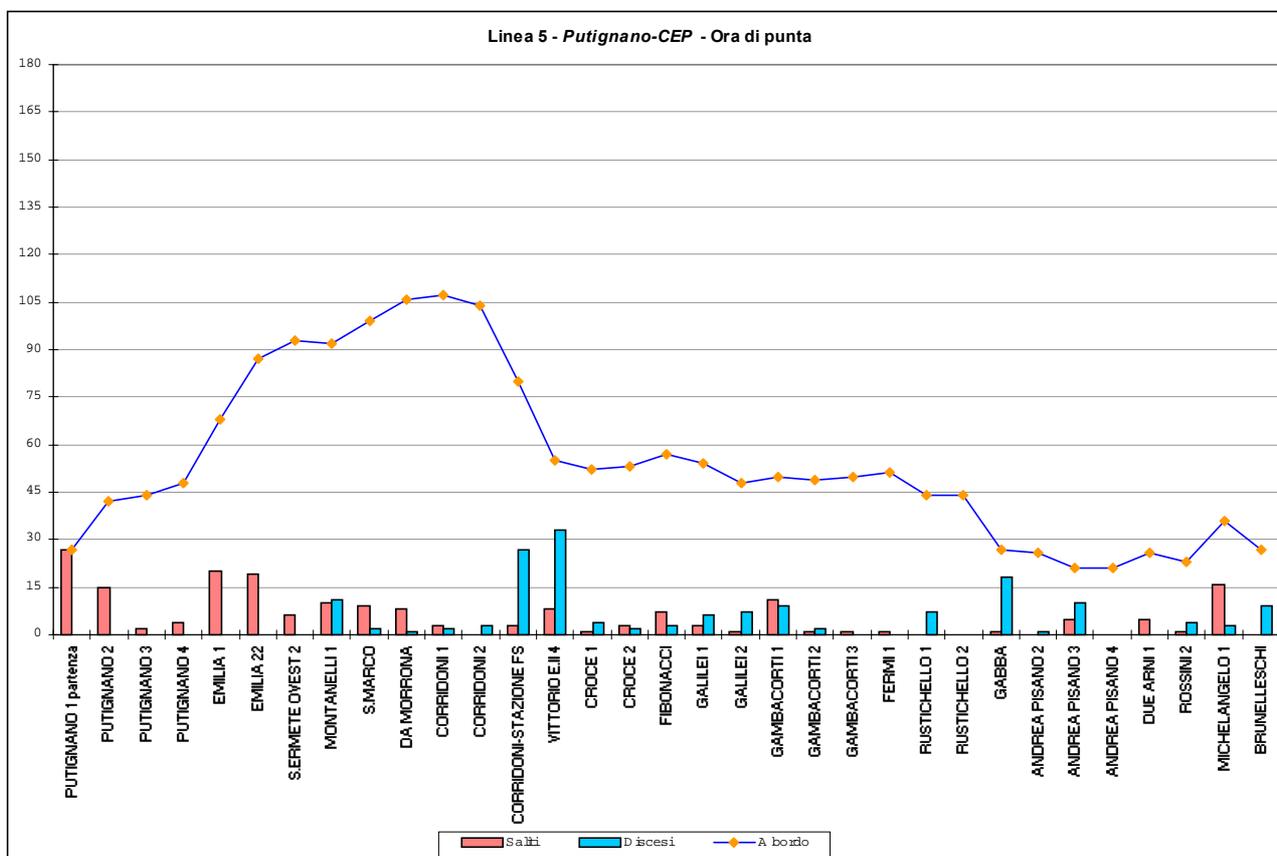
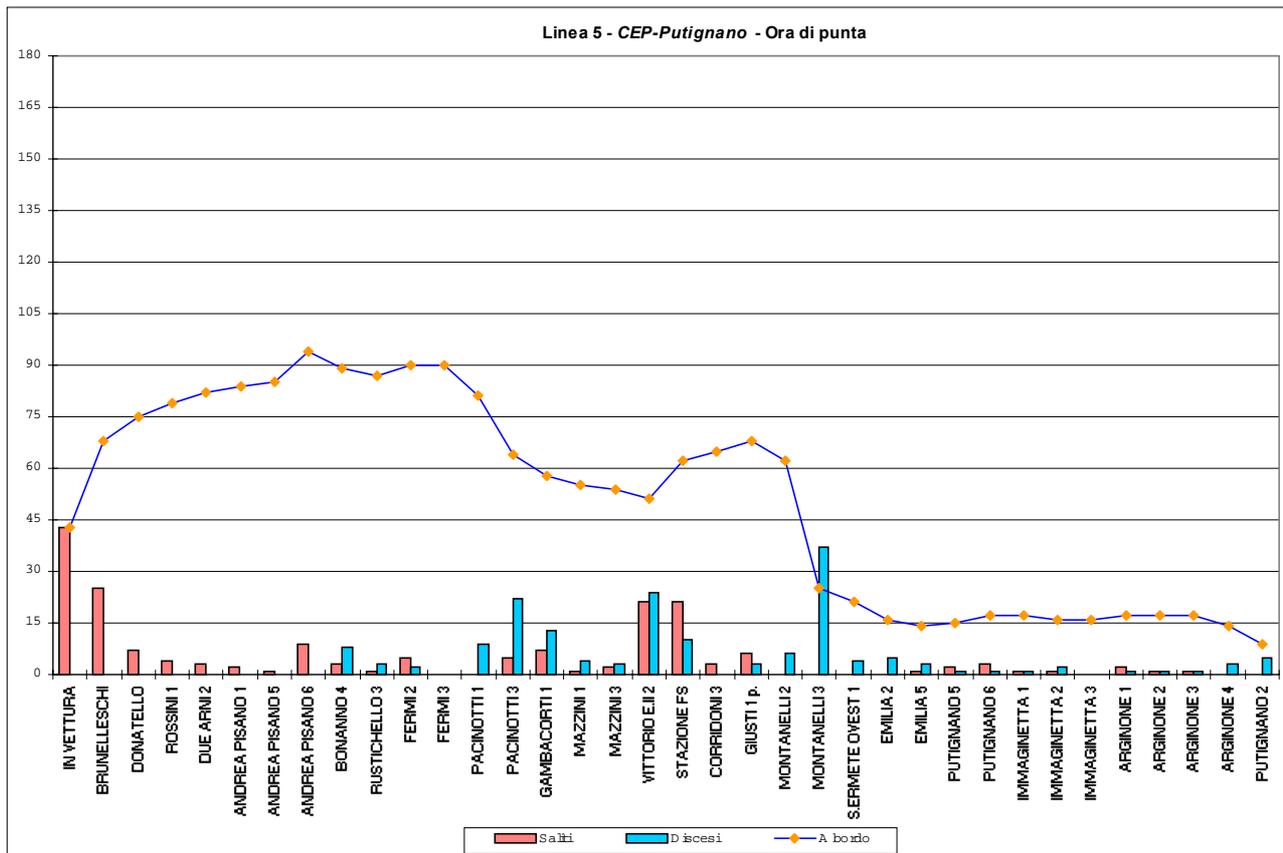


Figura 4.11 - Diagramma di carico linea "5" - Ora di punta

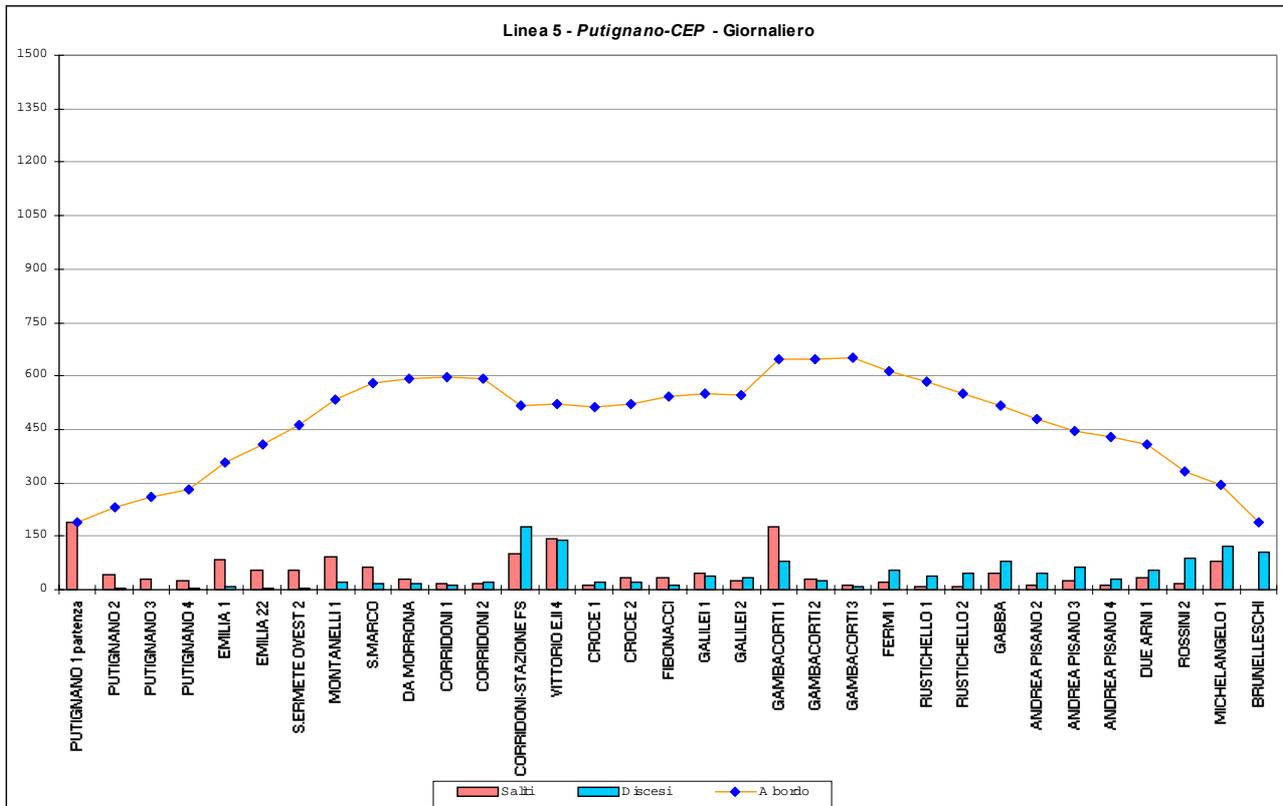
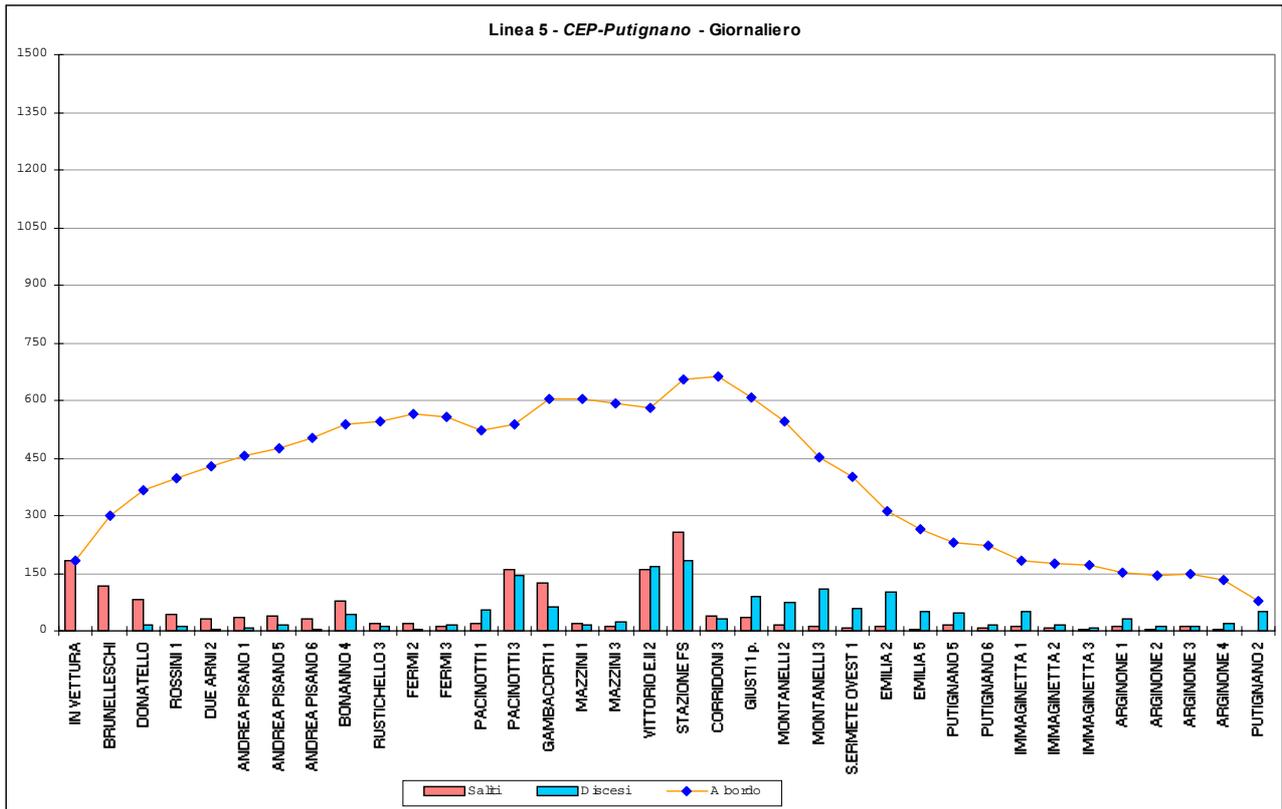


Figura 4.12 - Diagramma di carico linea "5" - Giornaliero

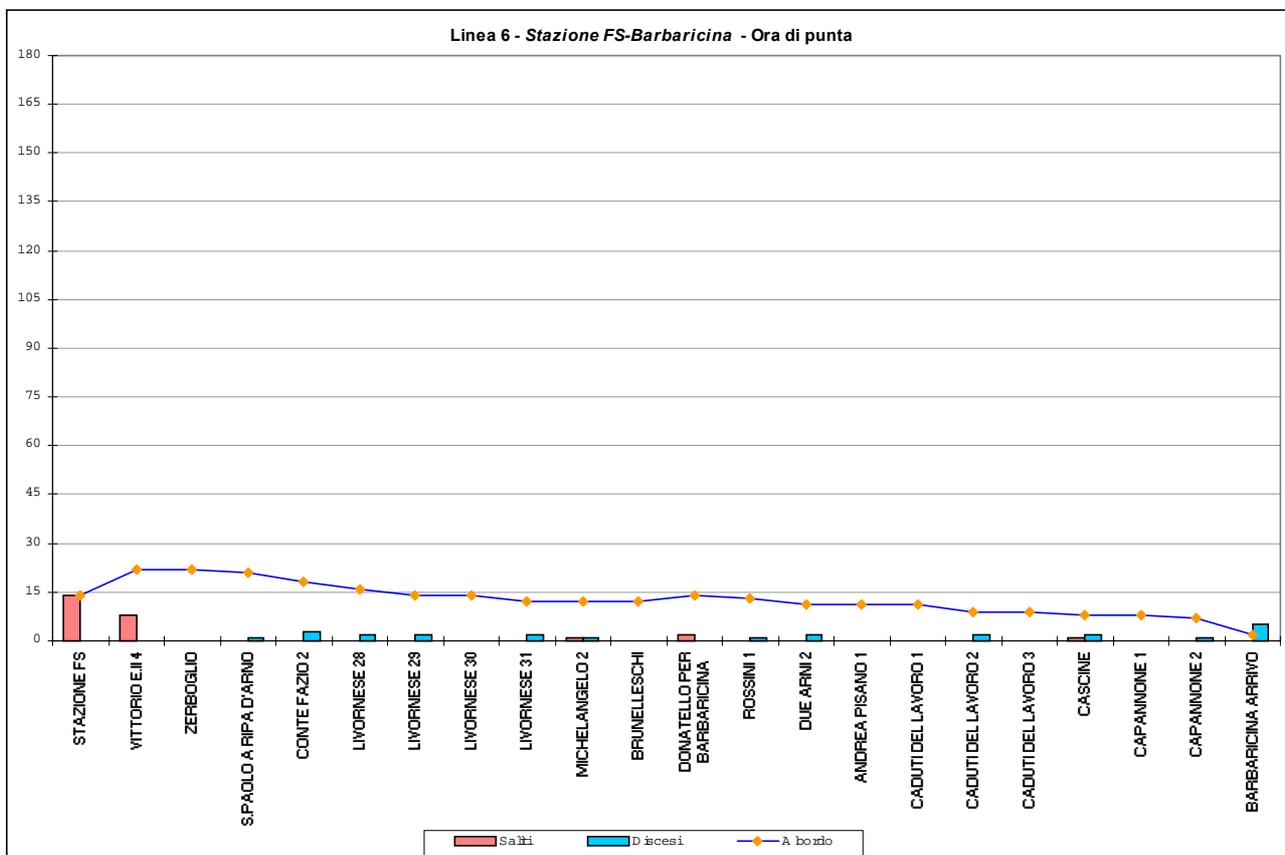
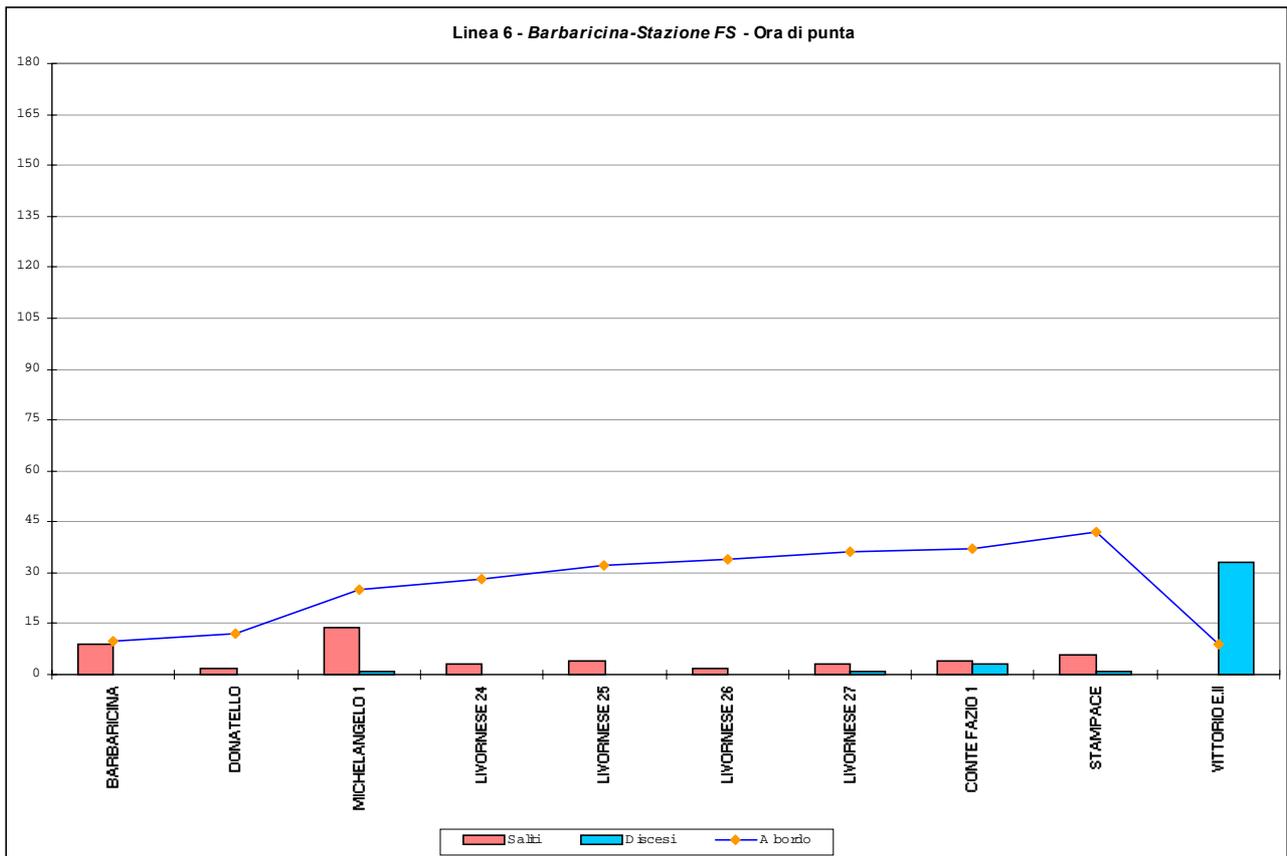


Figura 4.13 - Diagramma di carico linea "6" - Ora di punta

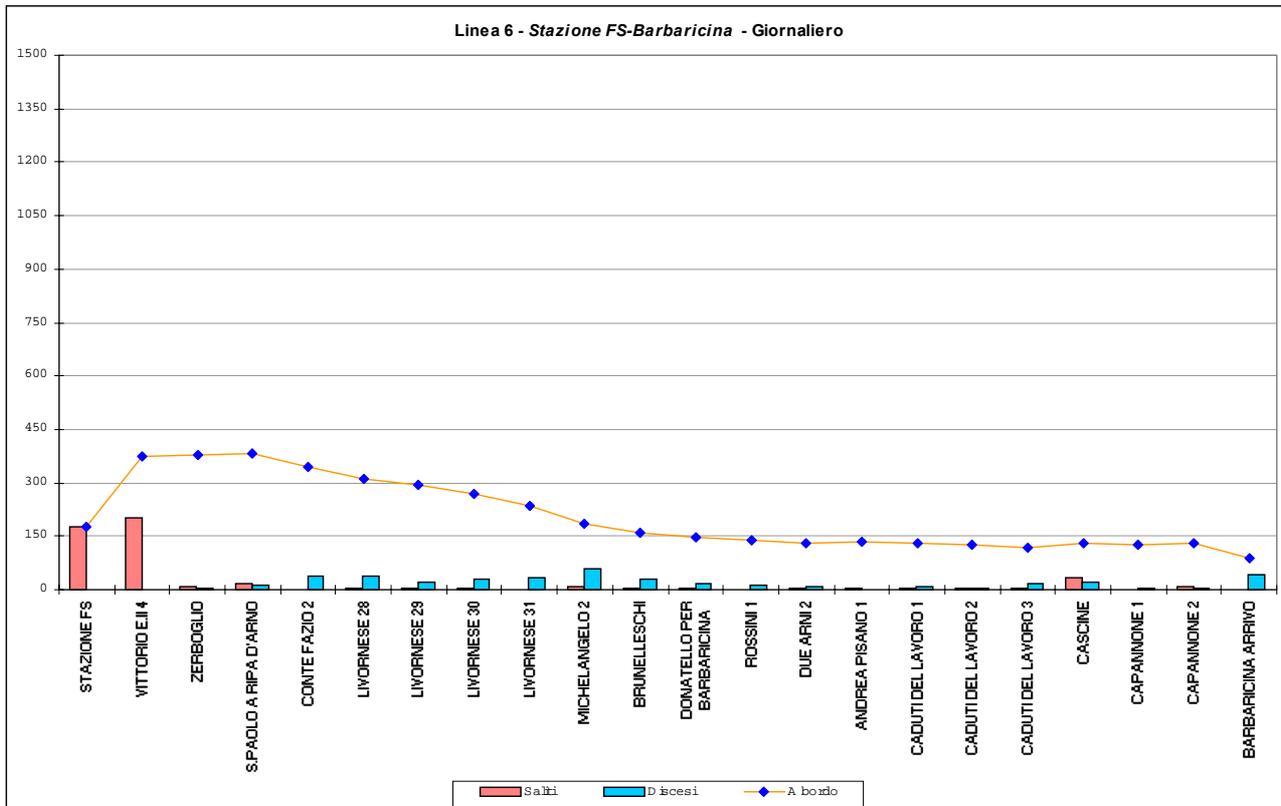
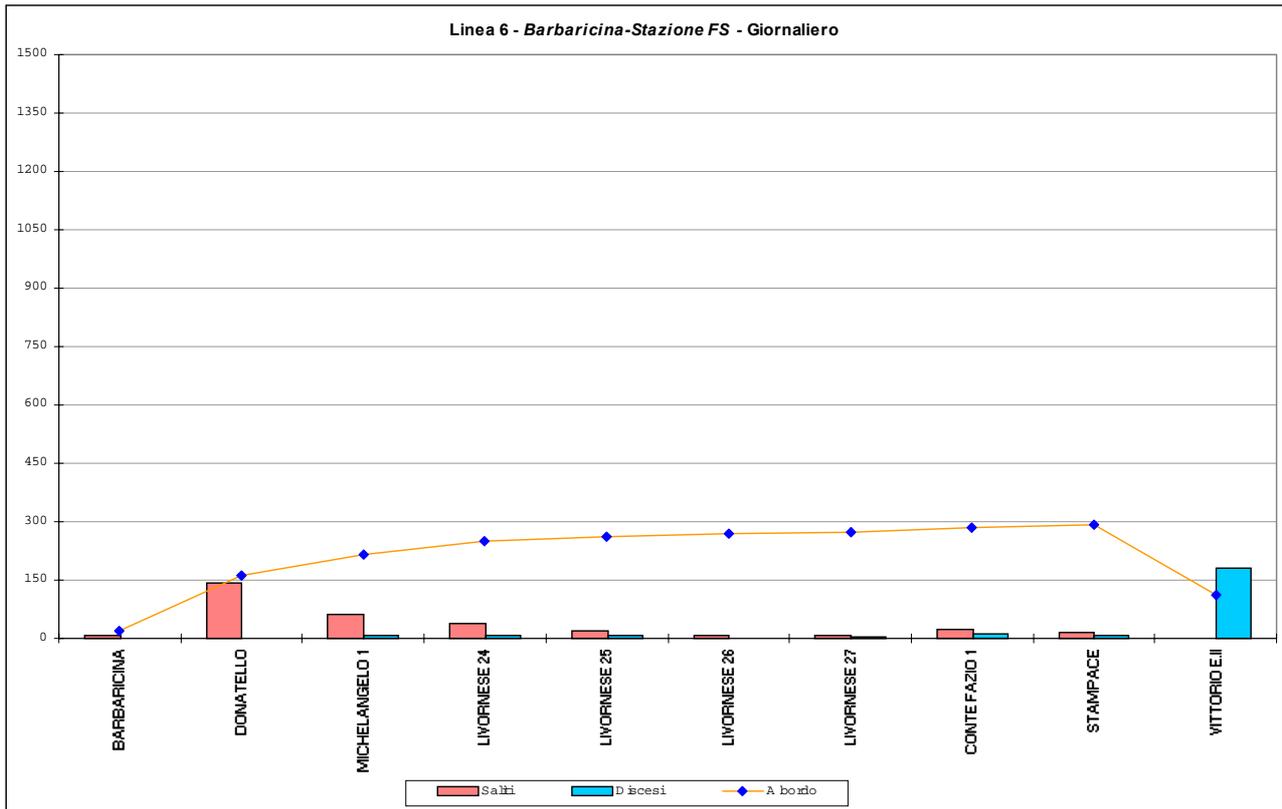


Figura 4.14 - Diagramma di carico linea "6" - Giornaliero

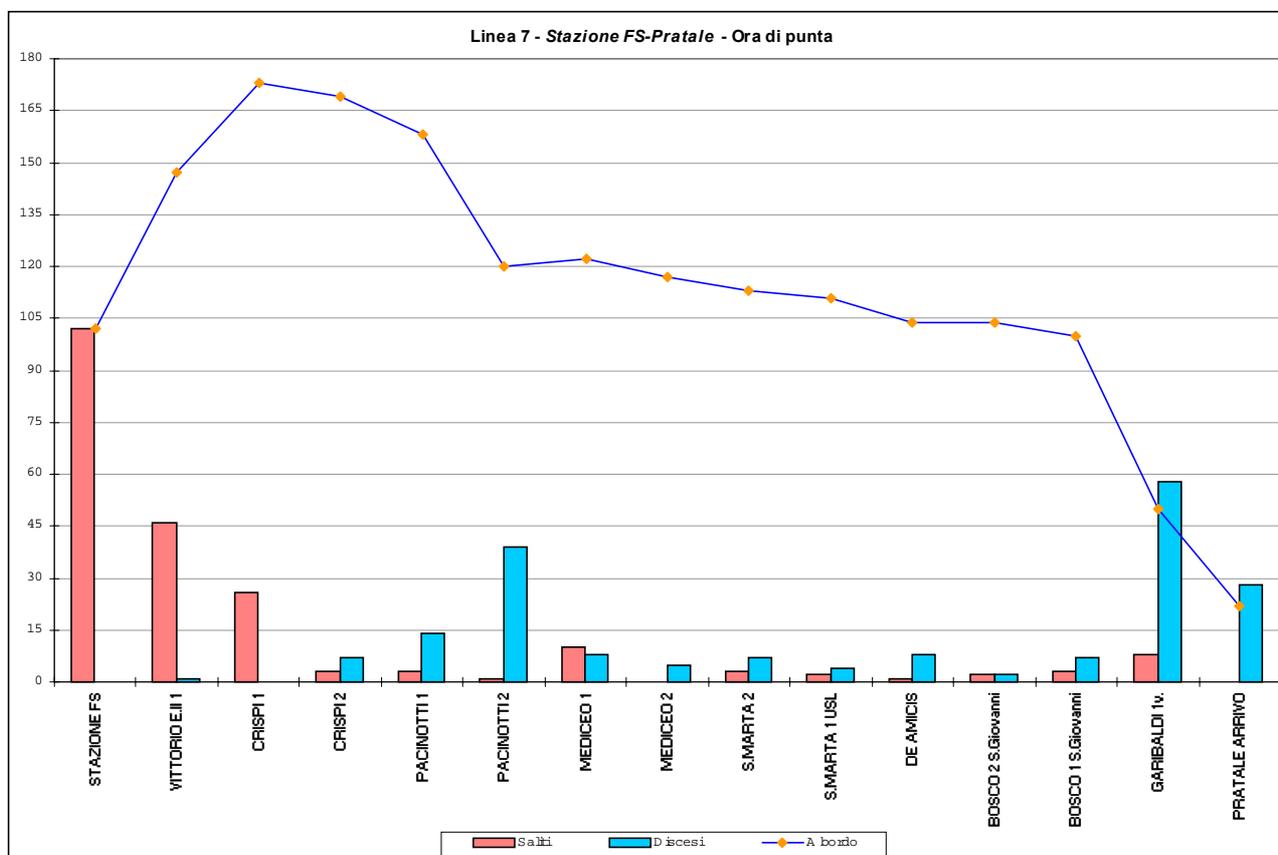
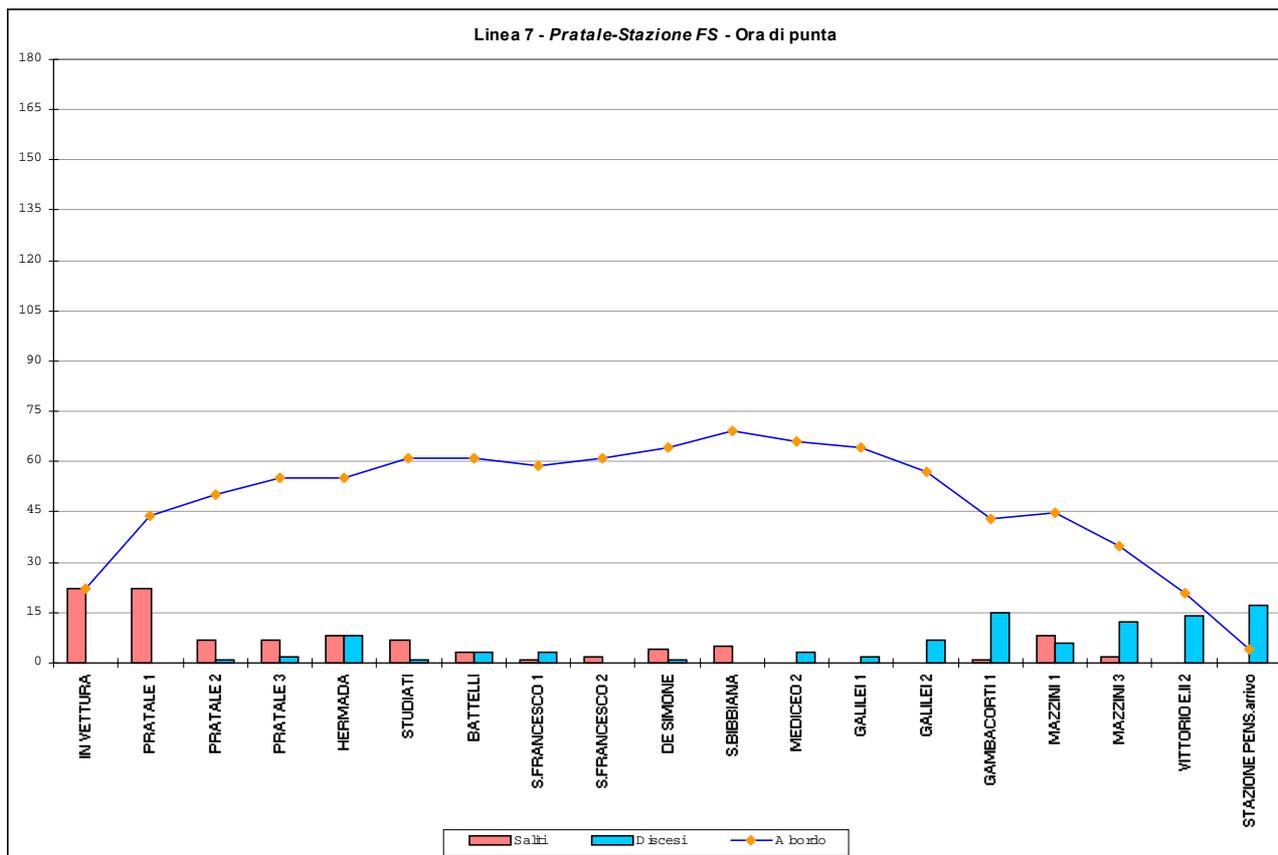


Figura 4.15 - Diagramma di carico linea "7" - Ora di punta

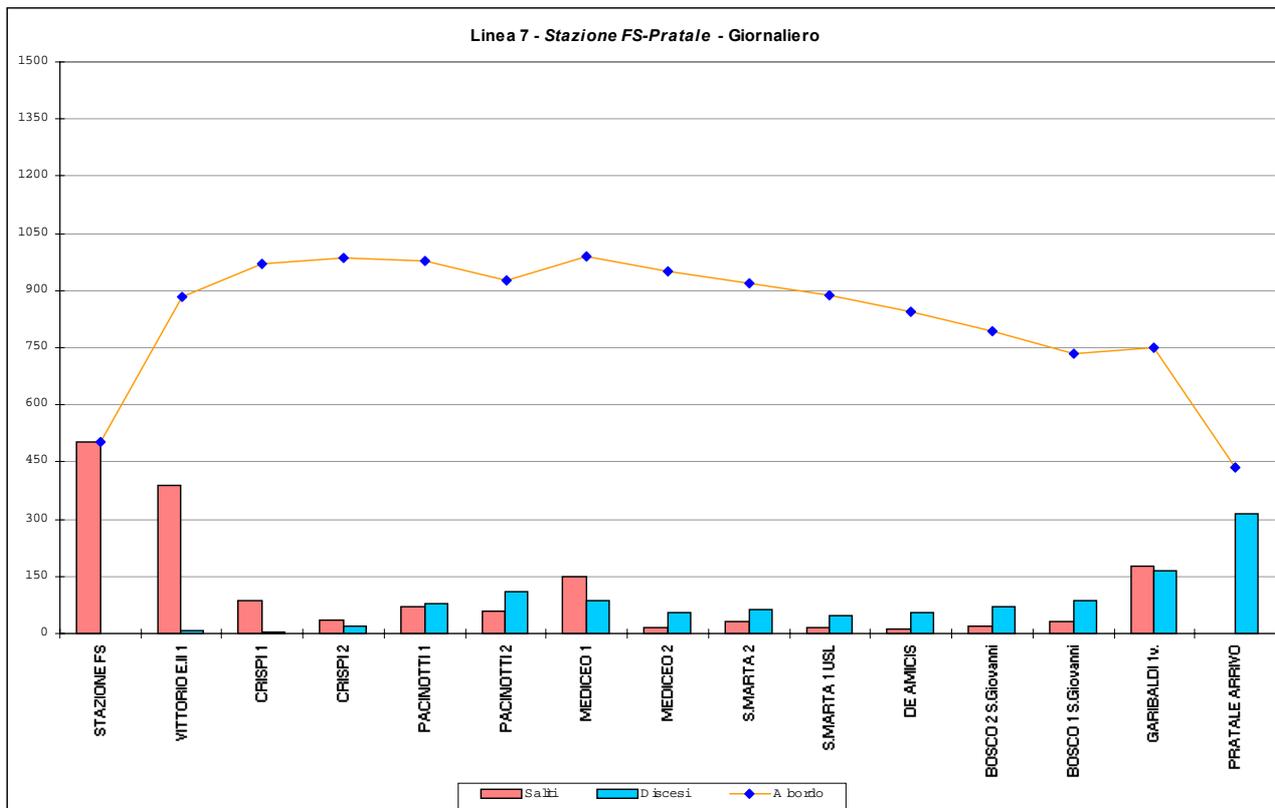
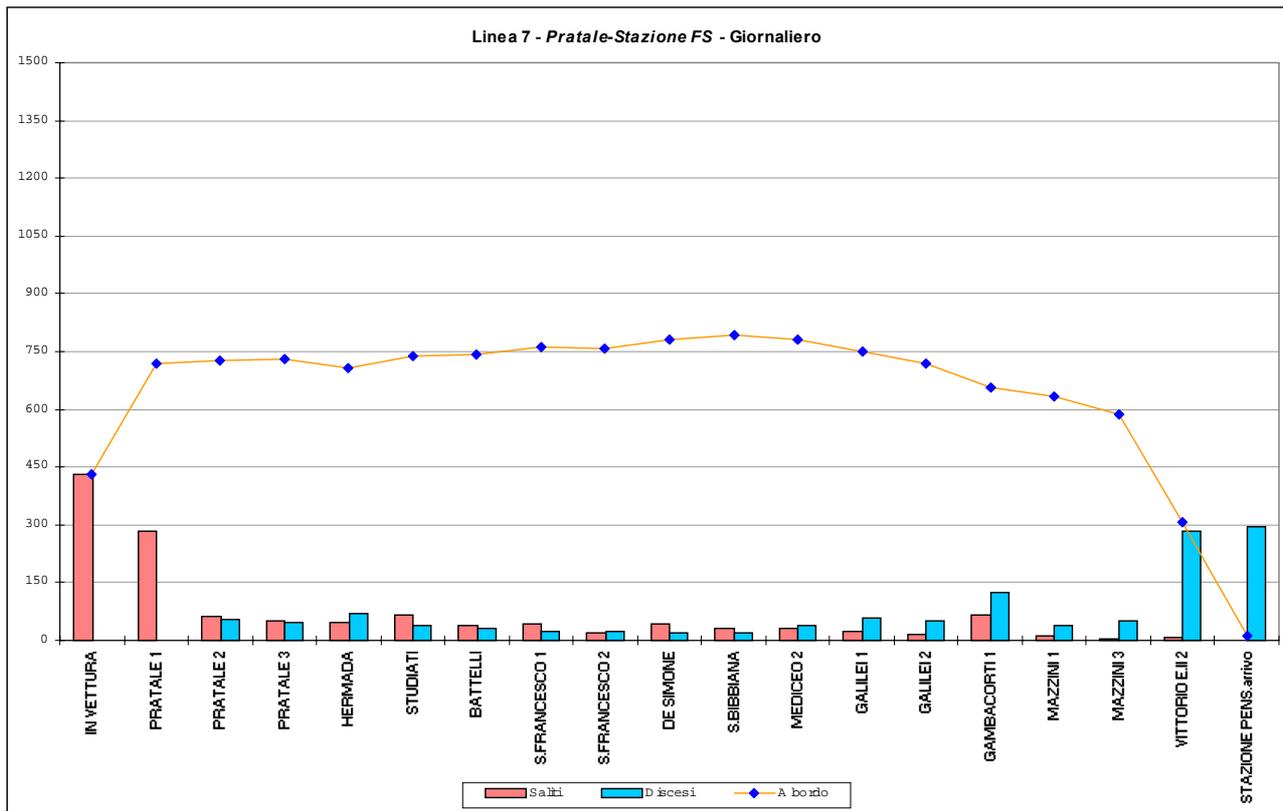


Figura 4.16 - Diagramma di carico linea "7" - Giornaliero

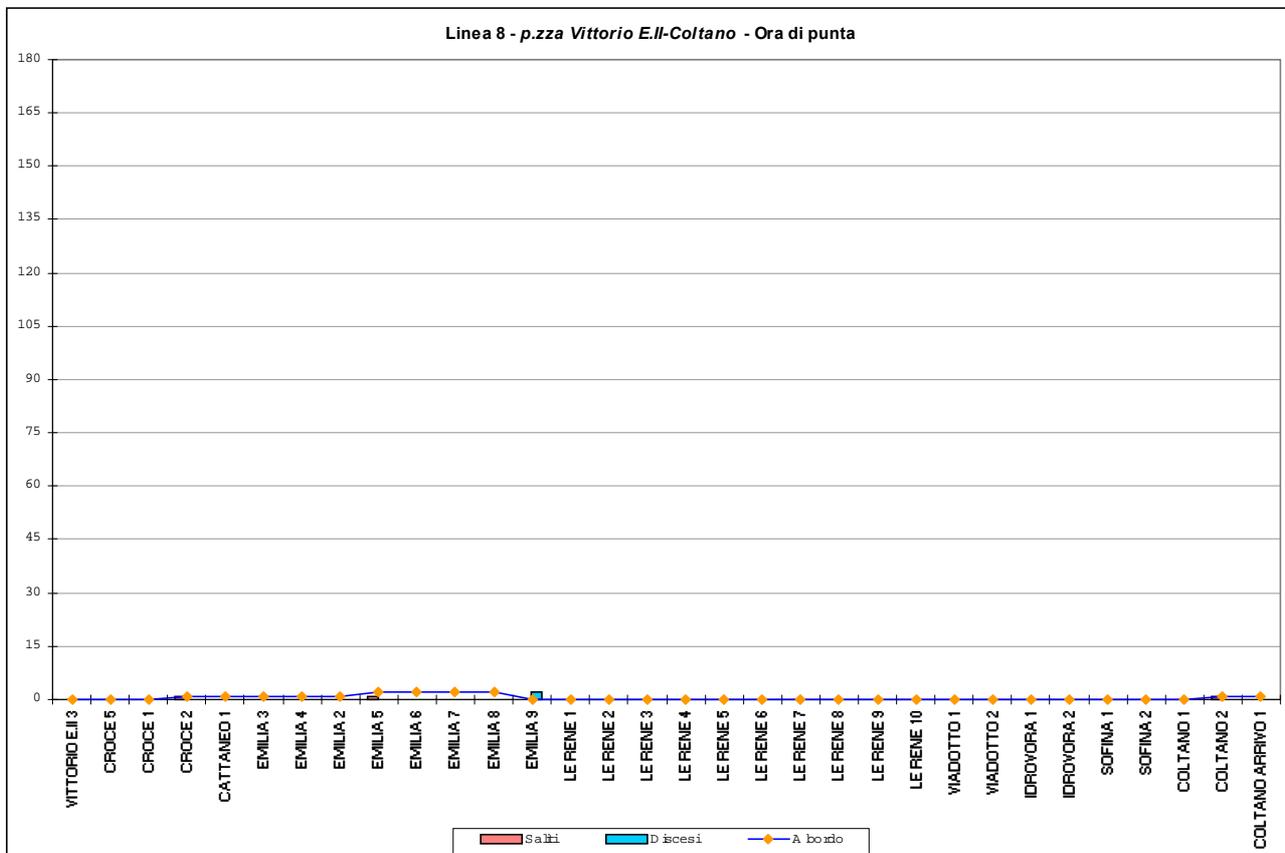
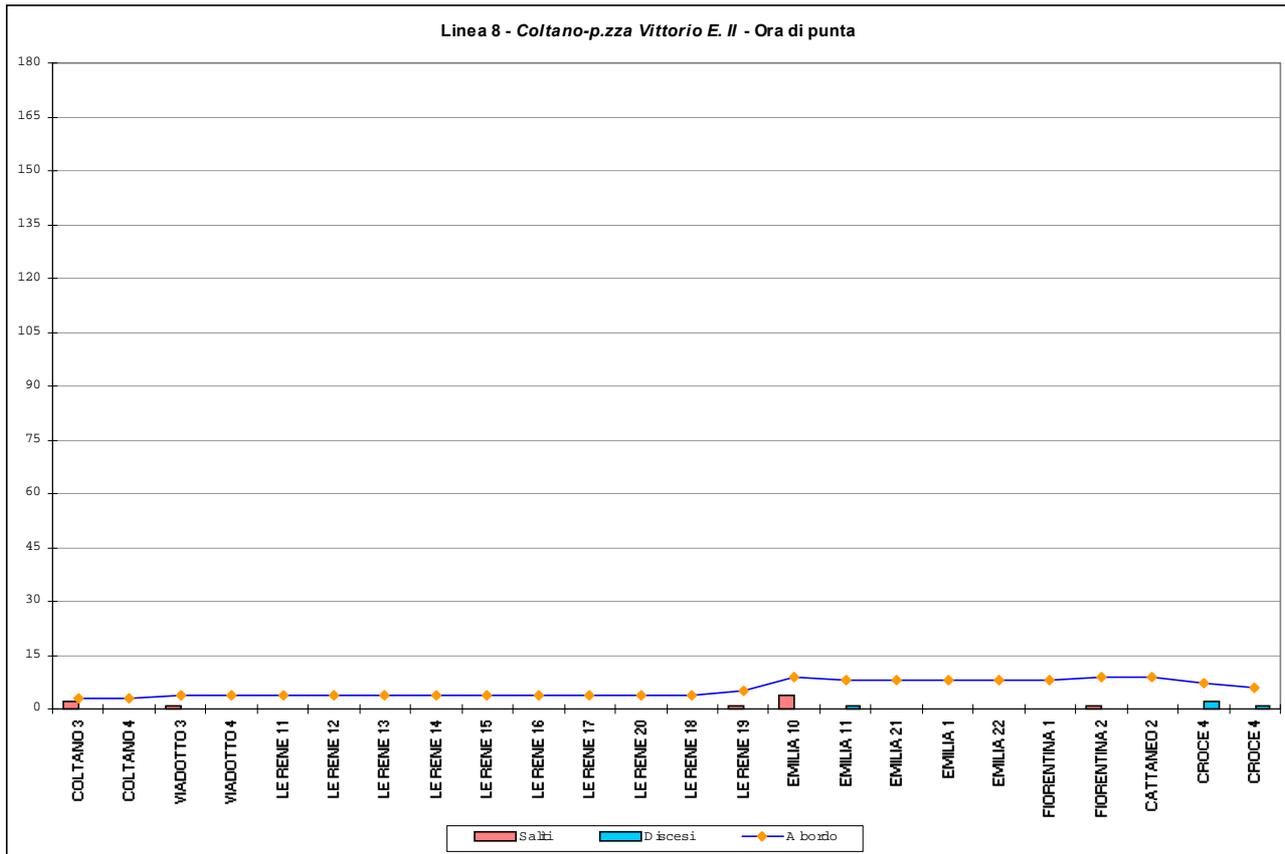


Figura 4.17 - Diagramma di carico linea "8" - Ora di punta

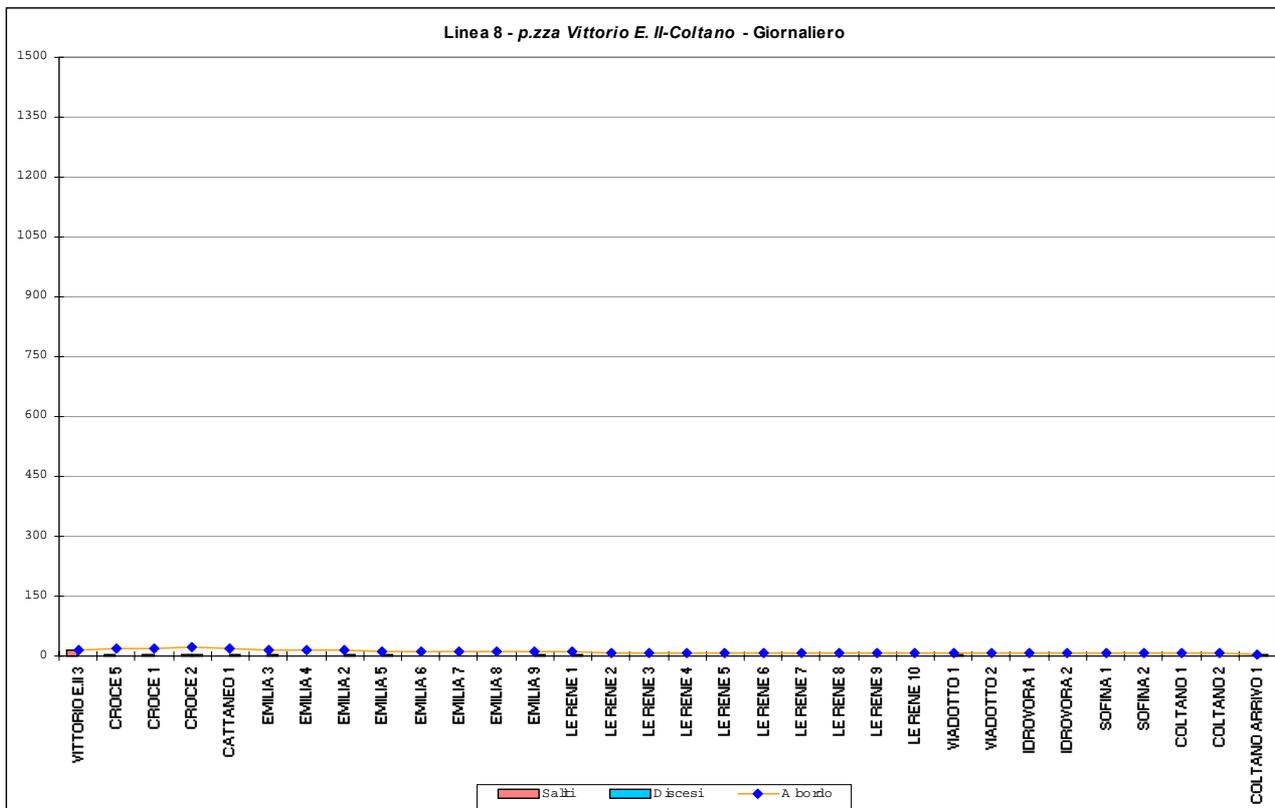
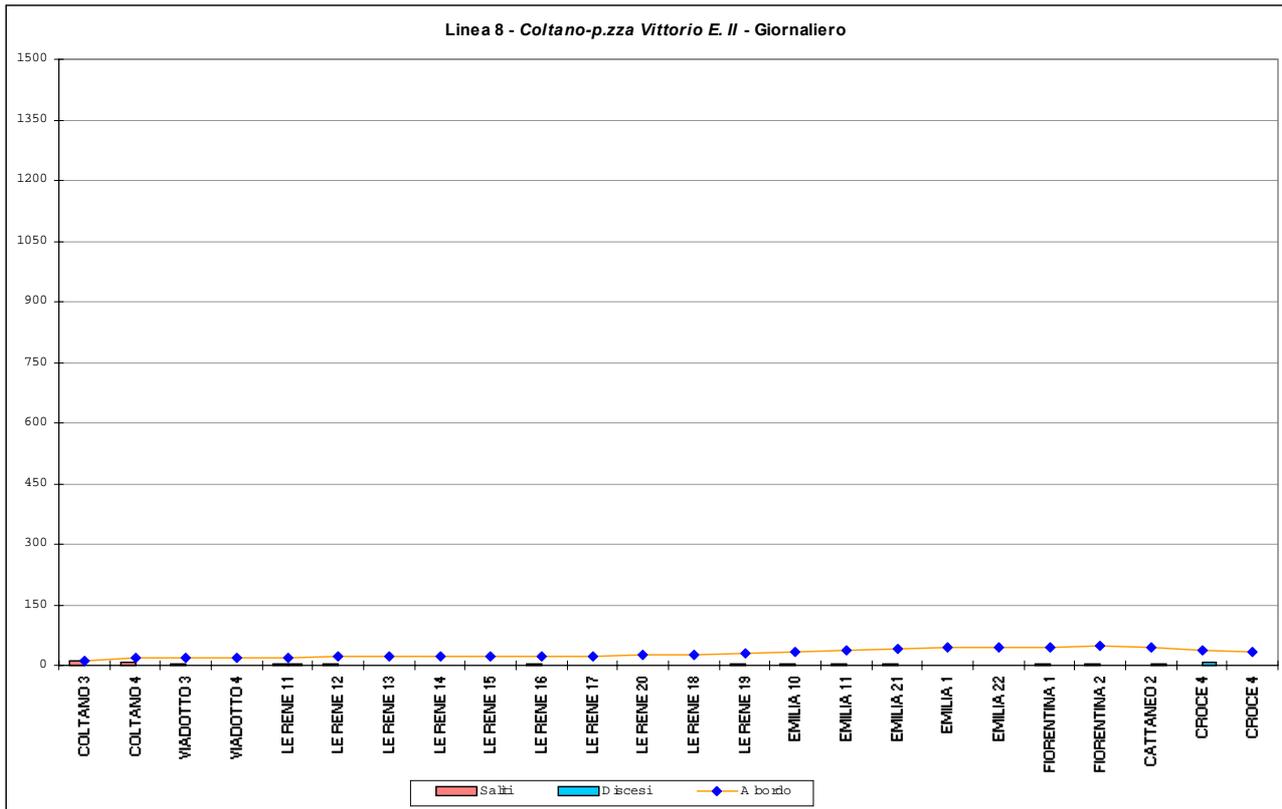


Figura 4.18 - Diagramma di carico linea "8" - Giornaliero

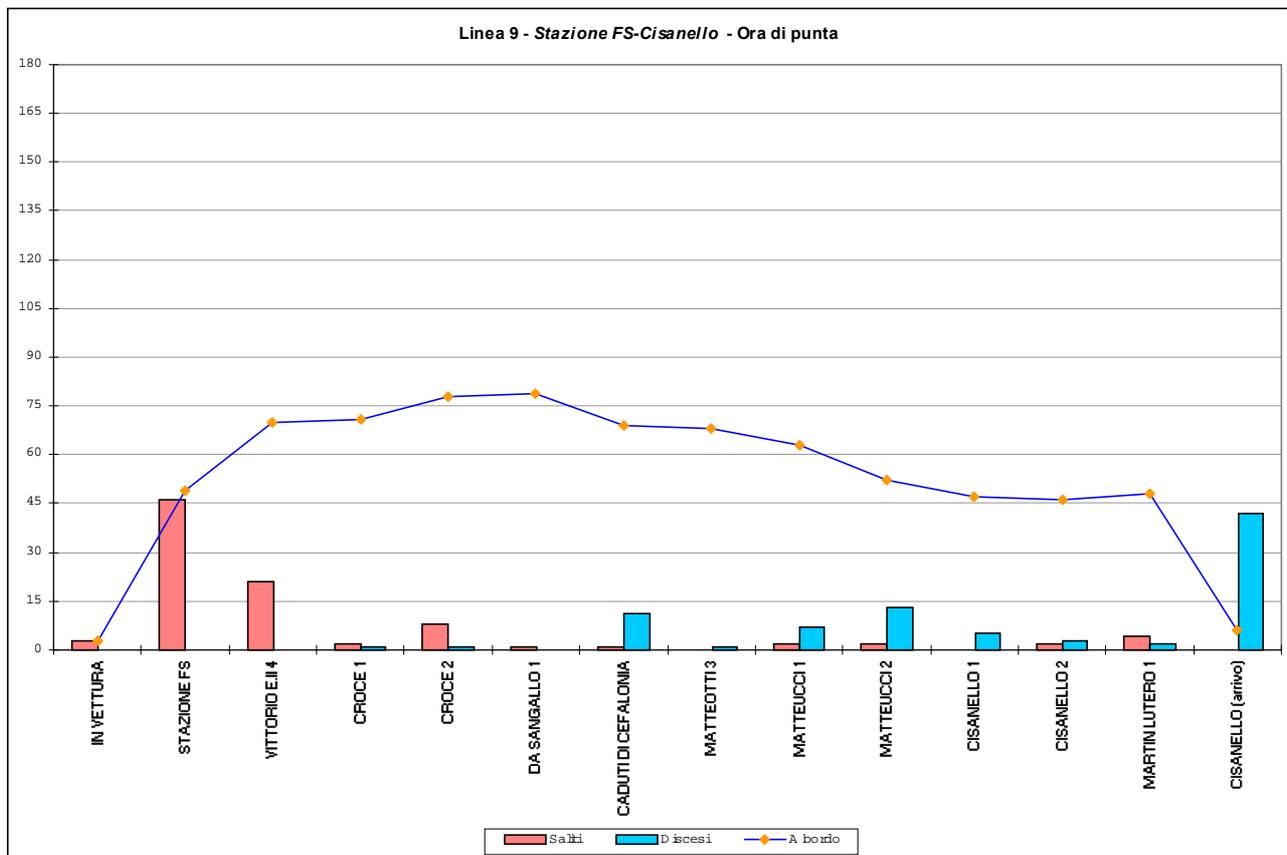
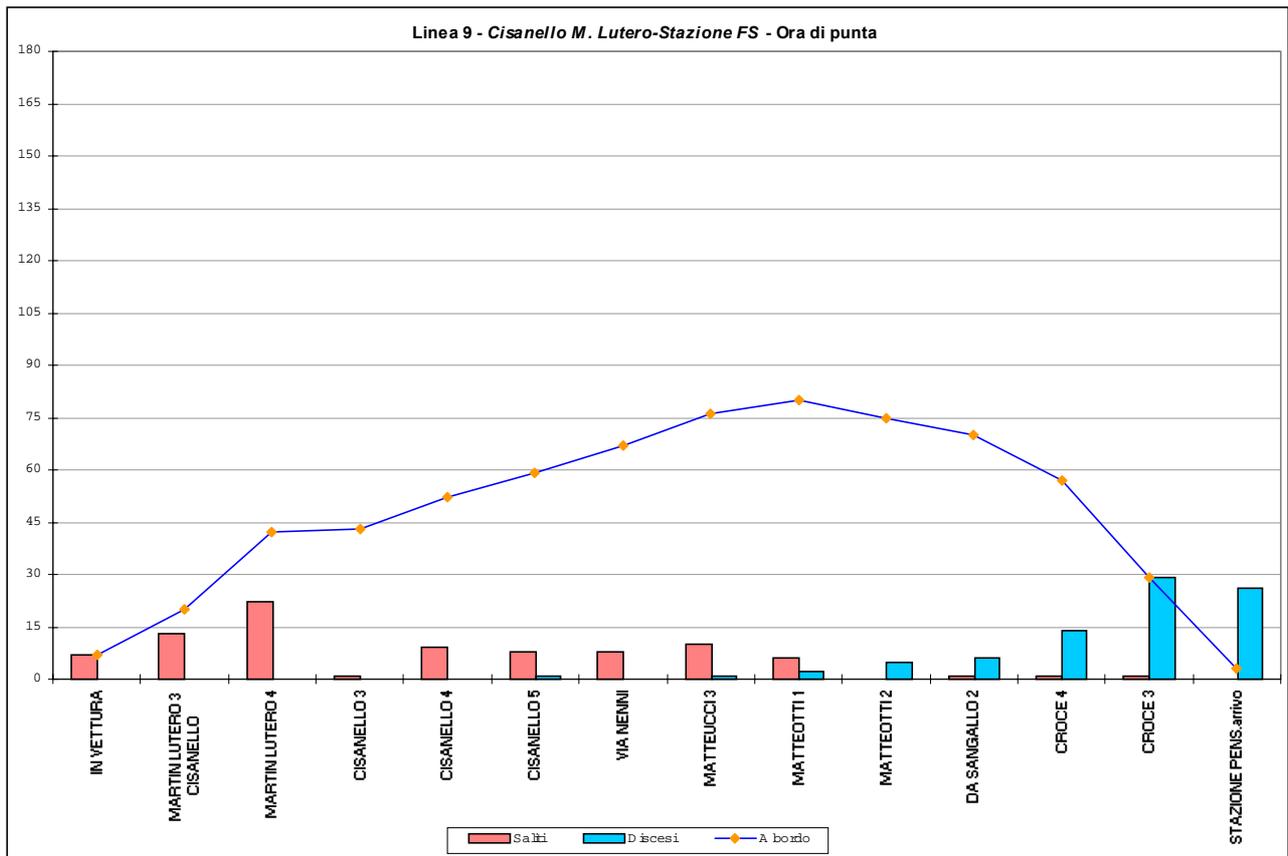


Figura 4.19 - Diagramma di carico linea "9" - Ora di punta

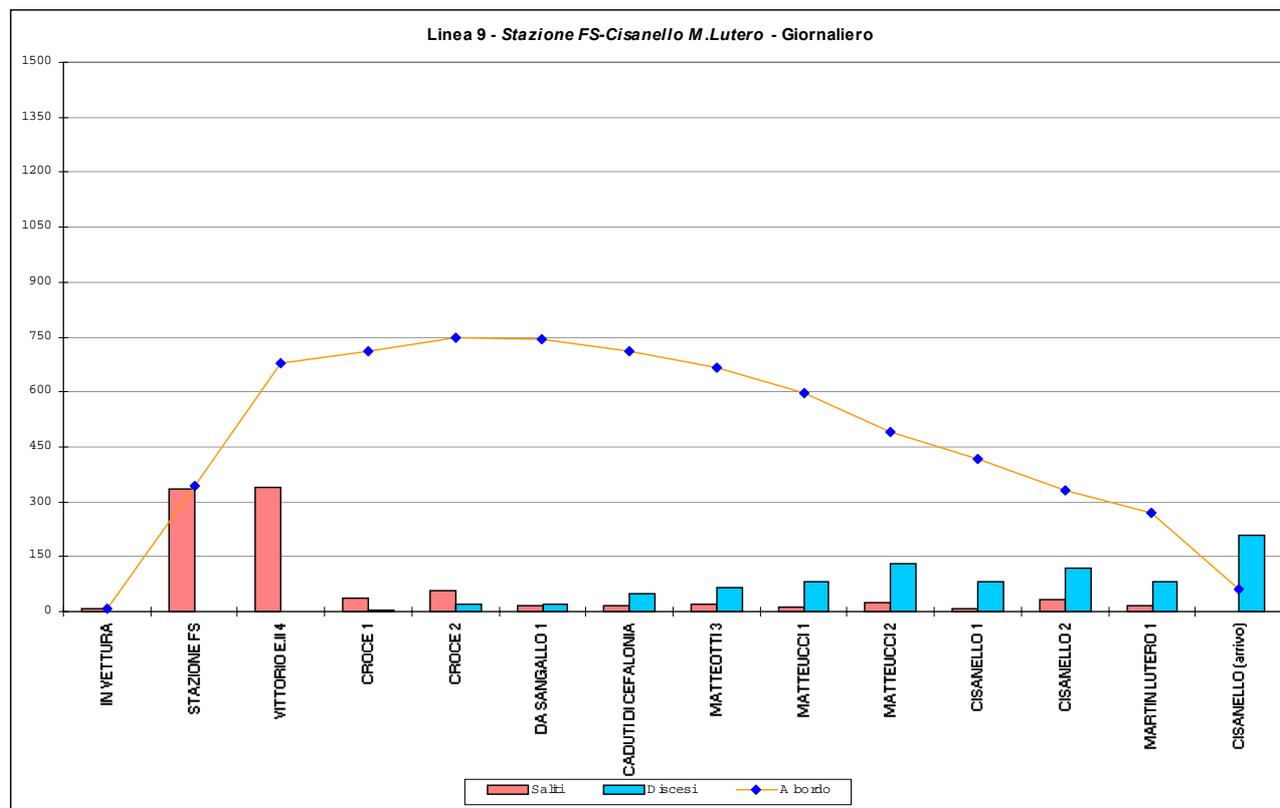
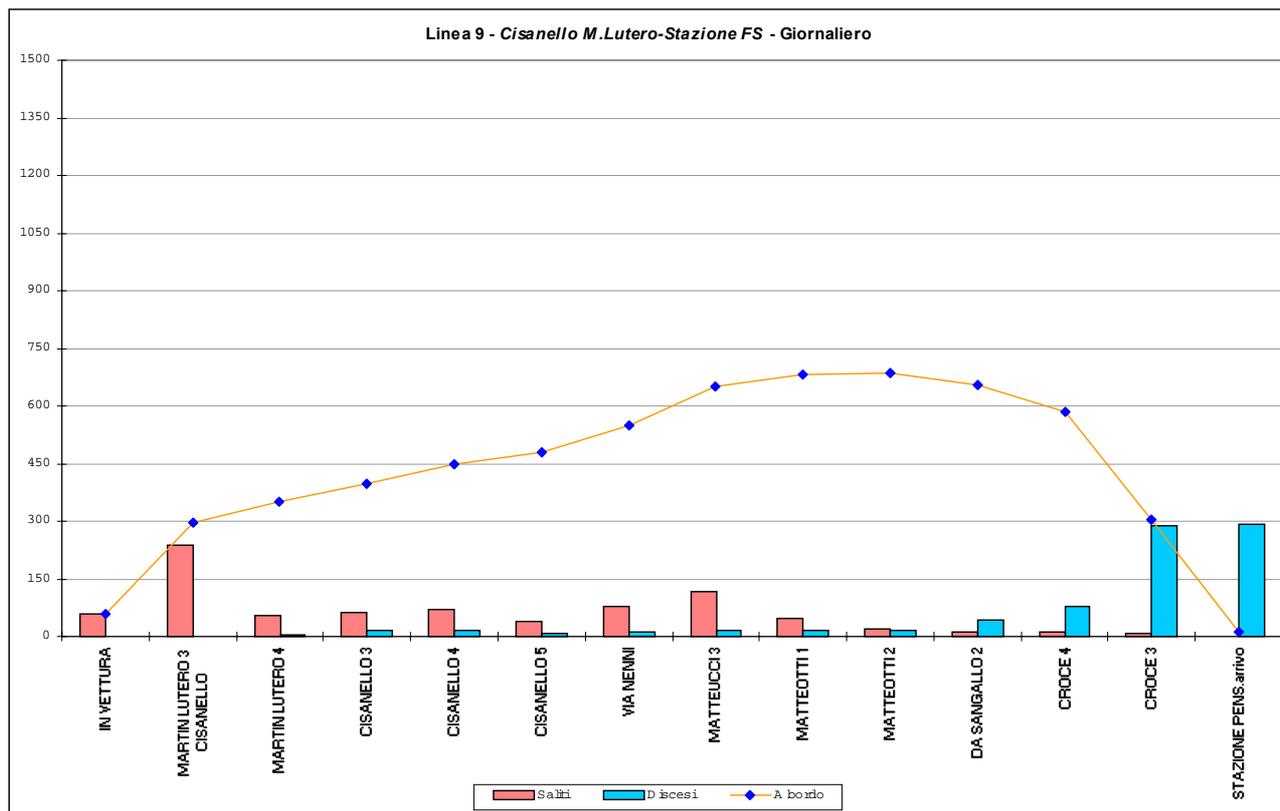


Figura 4.20 - Diagramma di carico linea "9" - Giornaliero

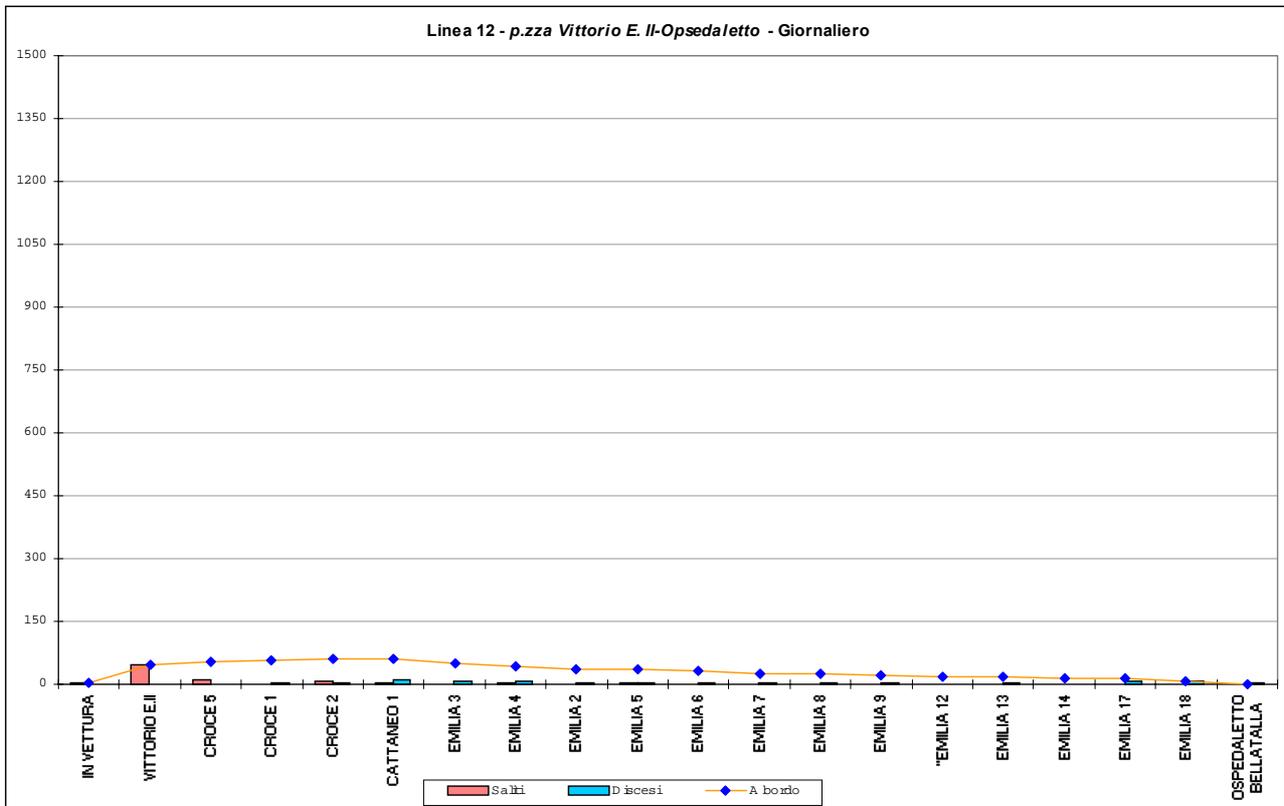
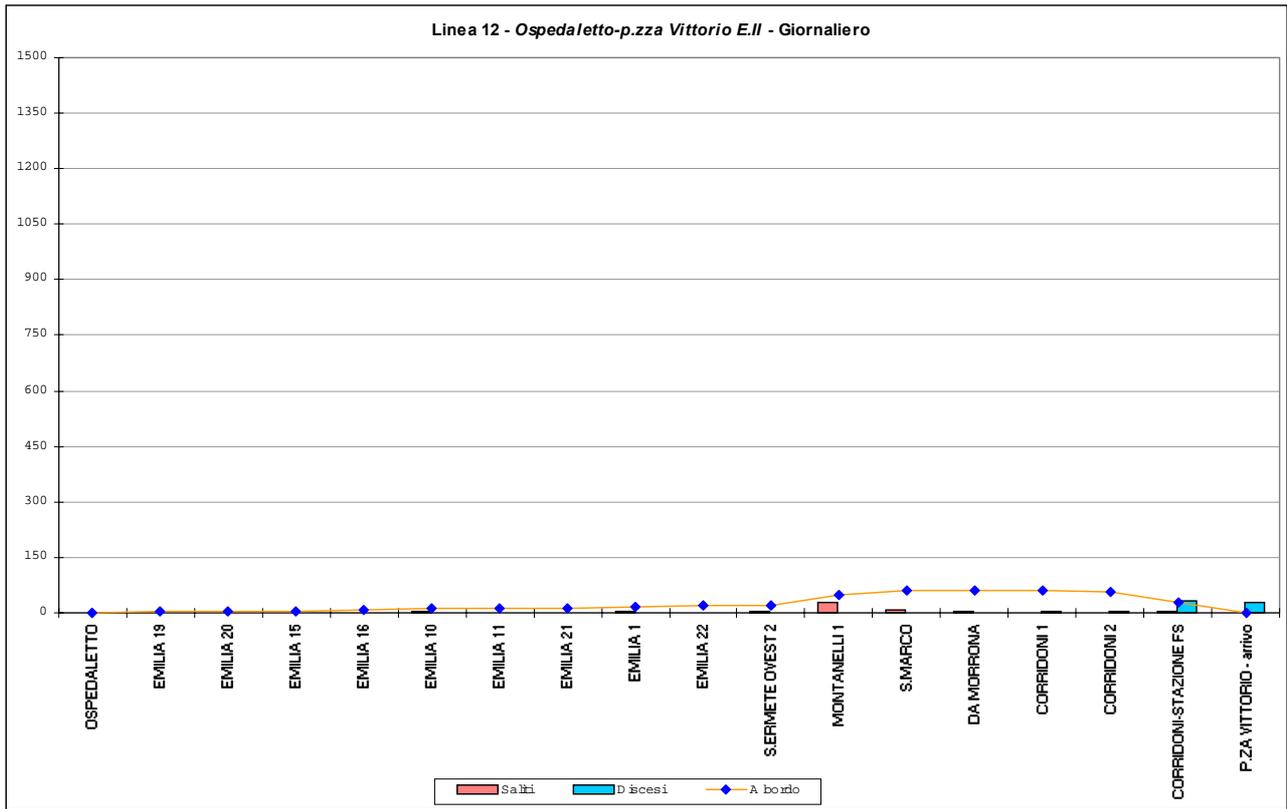


Figura 4.21 - Diagramma di carico linea "12" - Giornaliero

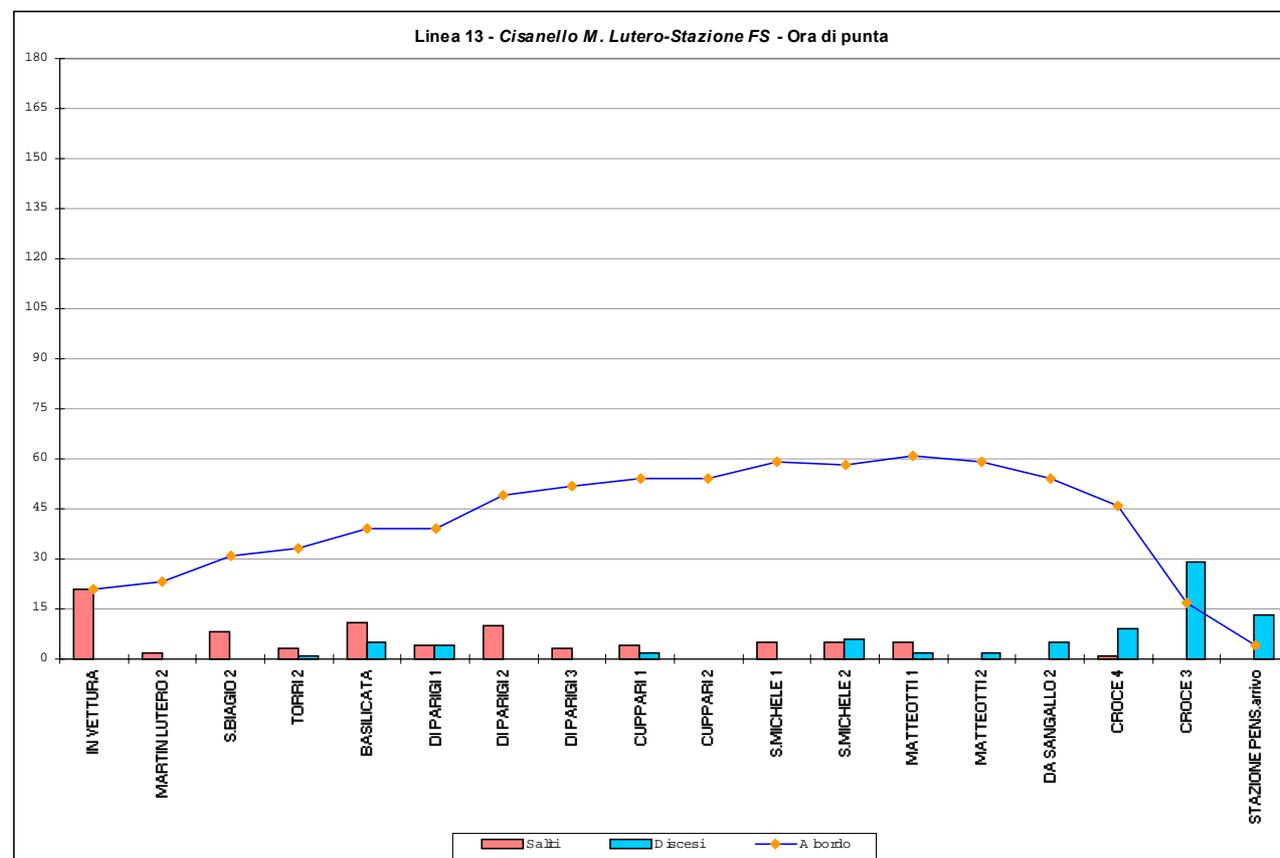
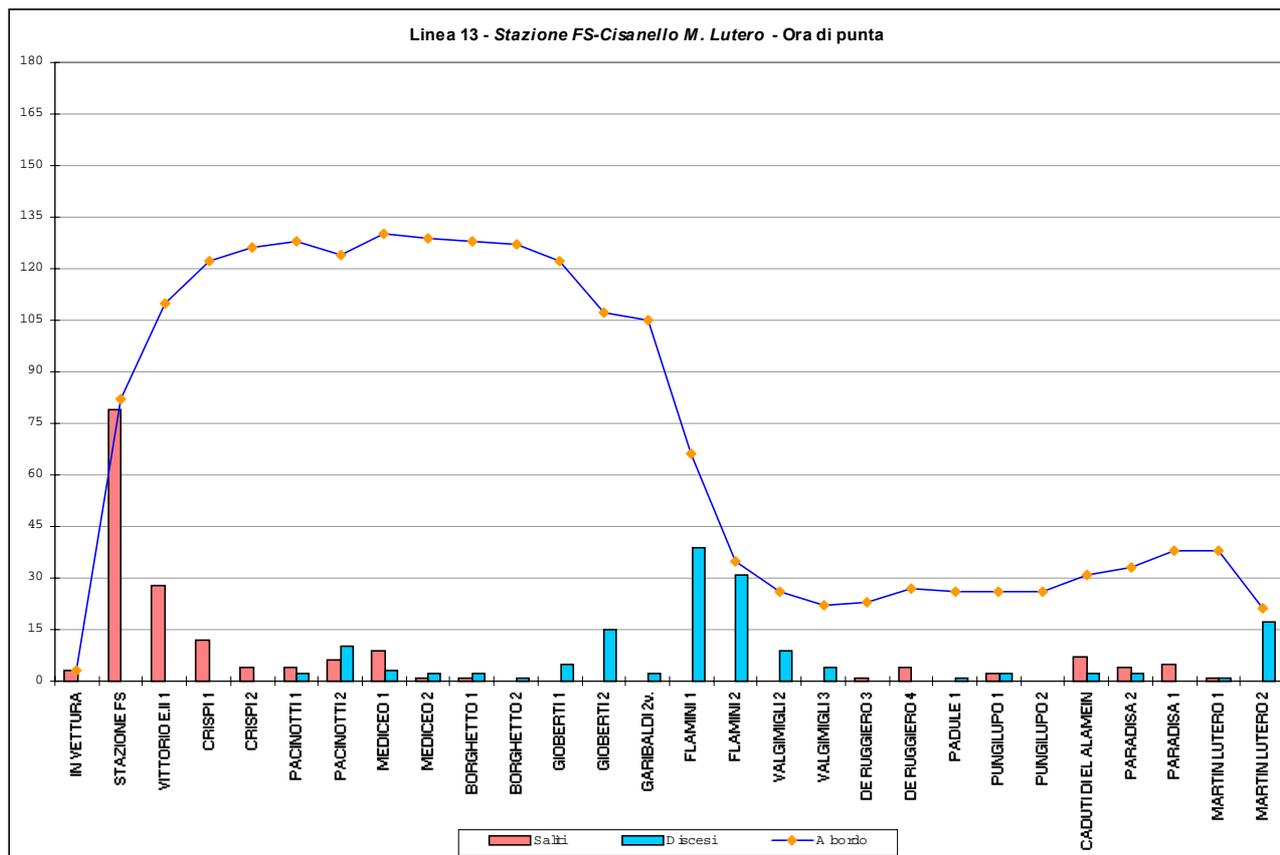


Figura 4.22 - Diagramma di carico linea "13" - Ora di punta

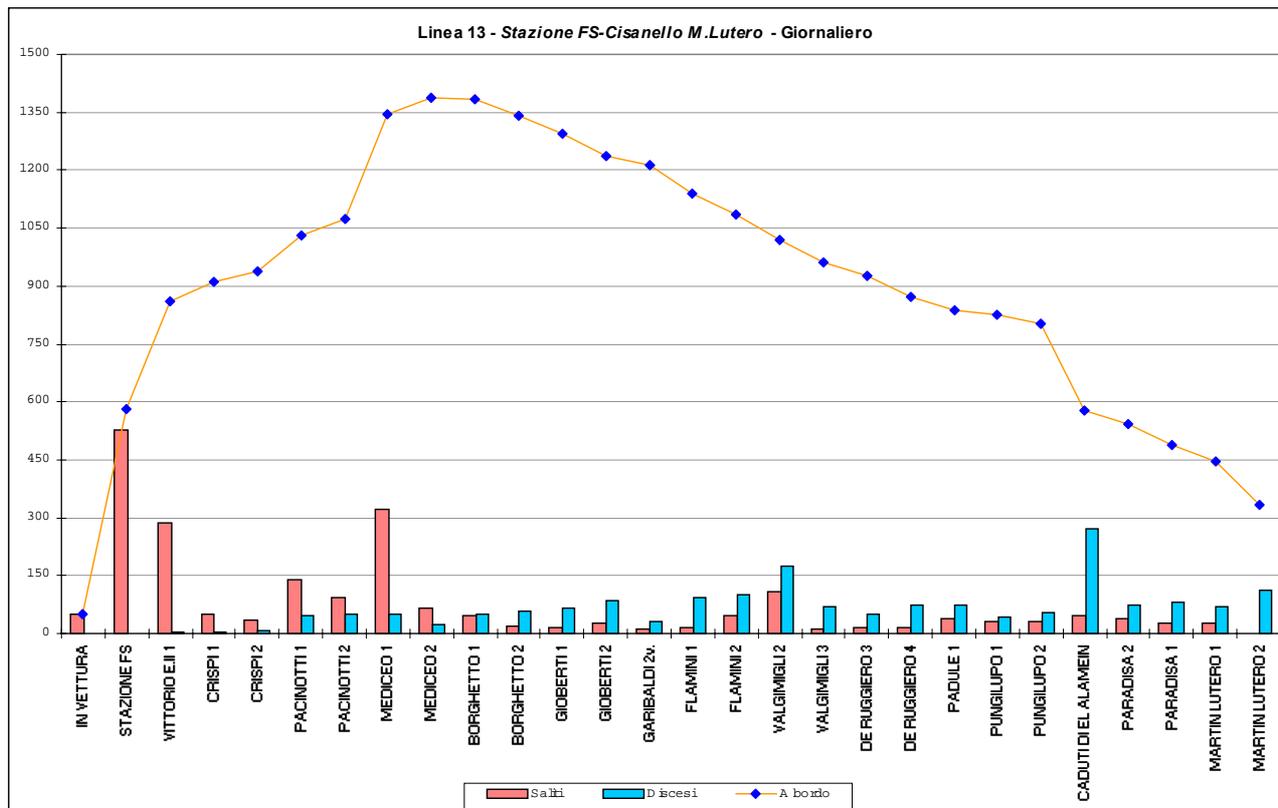
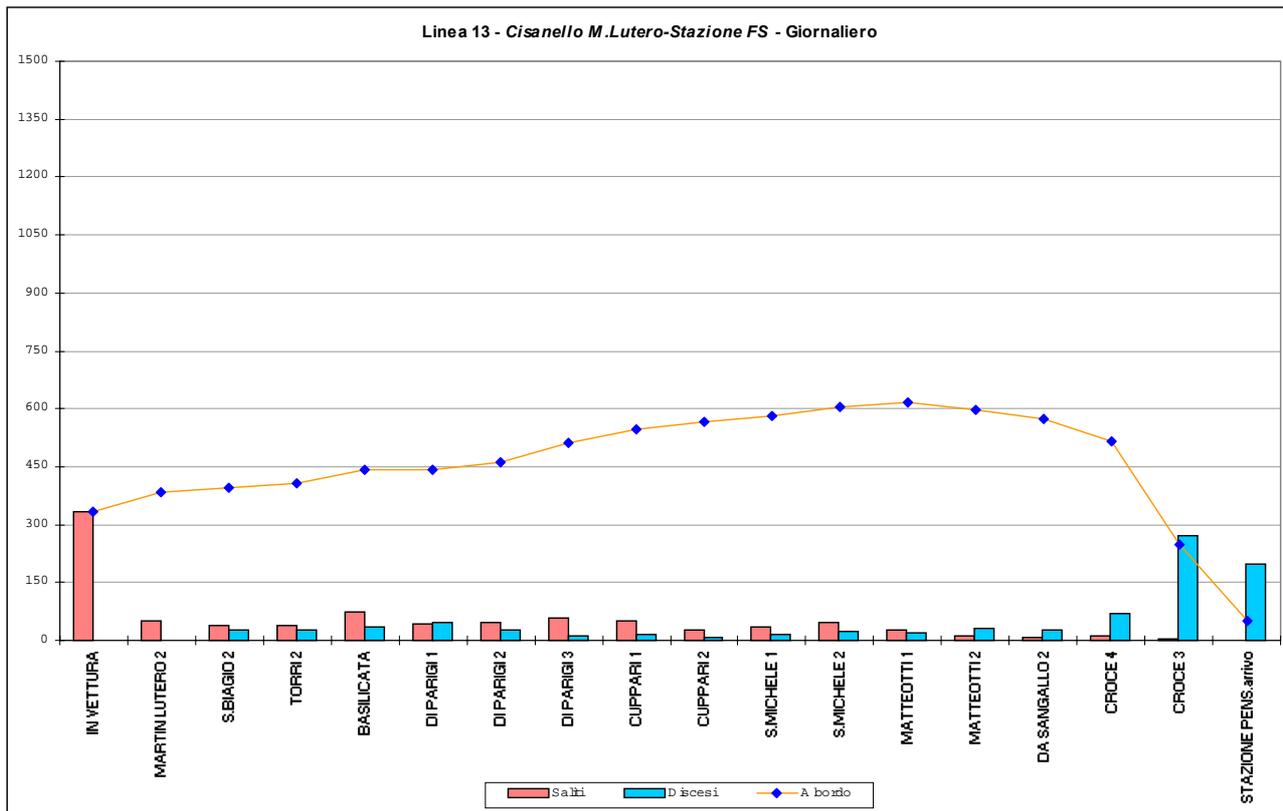


Figura 4.23 - Diagramma di carico linea "13" - Giornaliero

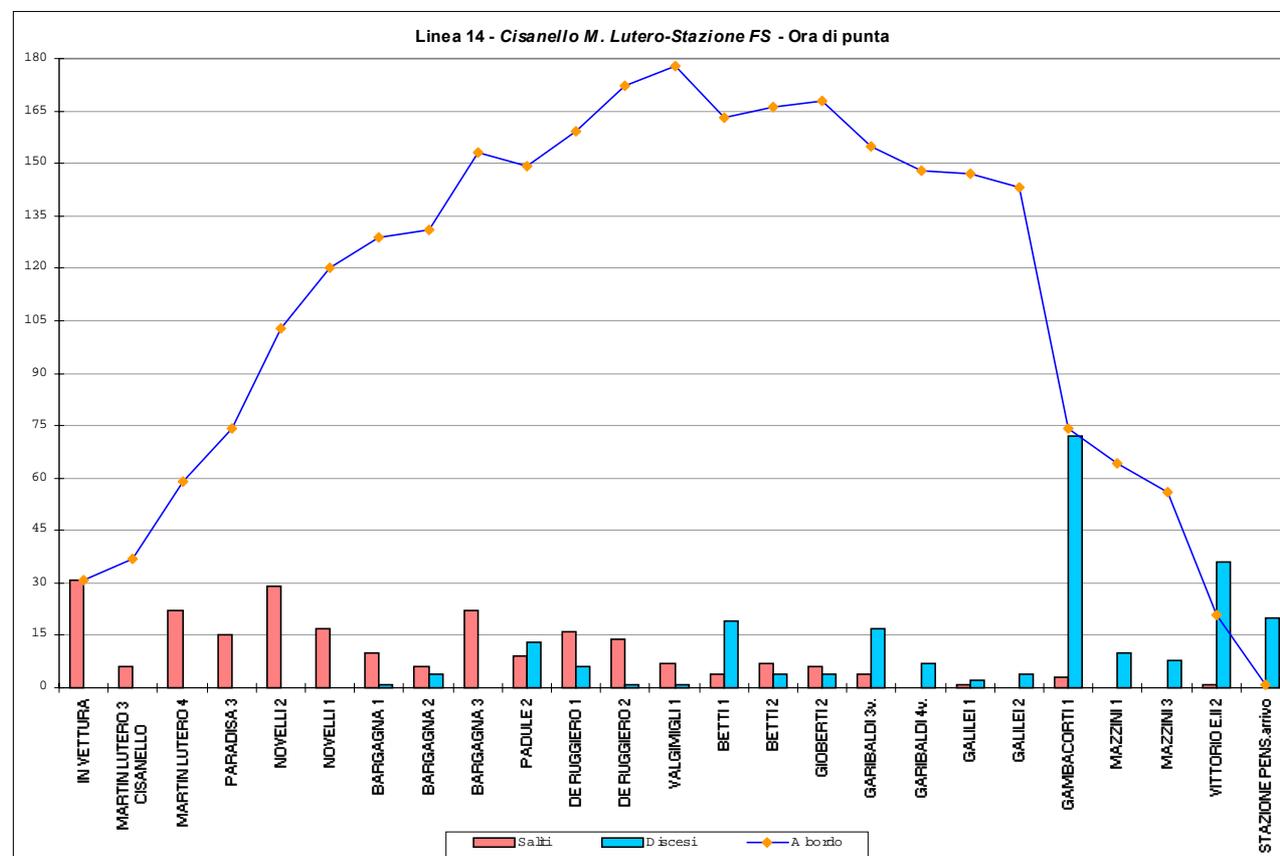
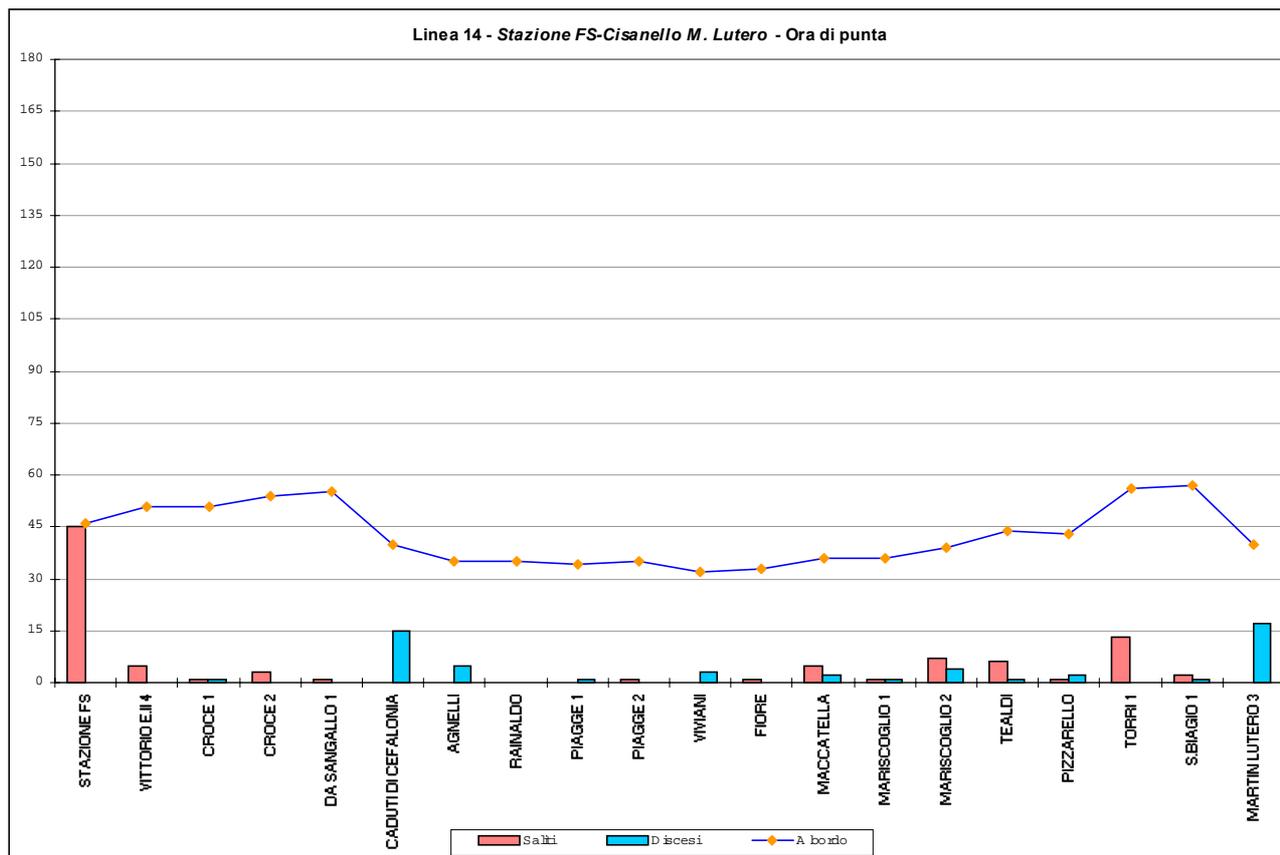


Figura 4.24 - Diagramma di carico linea "14" - Ora di punta

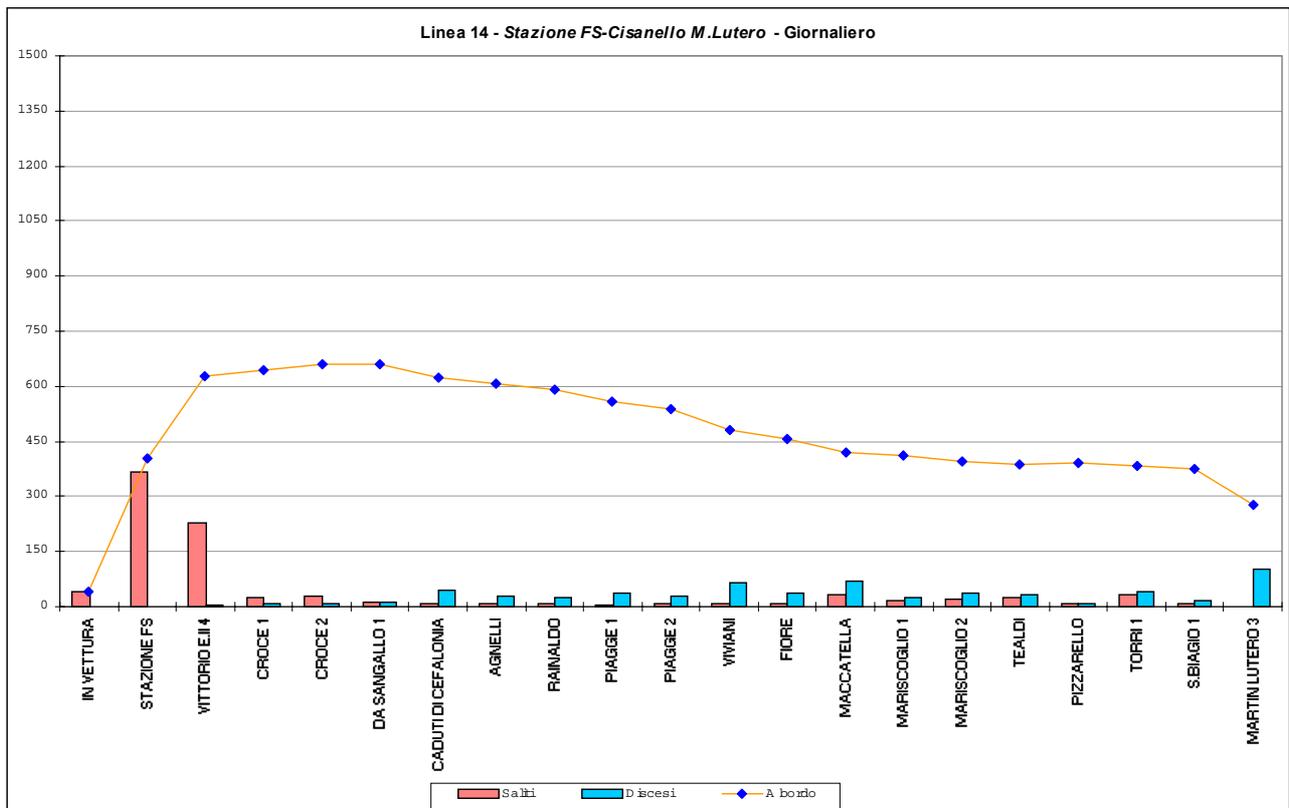
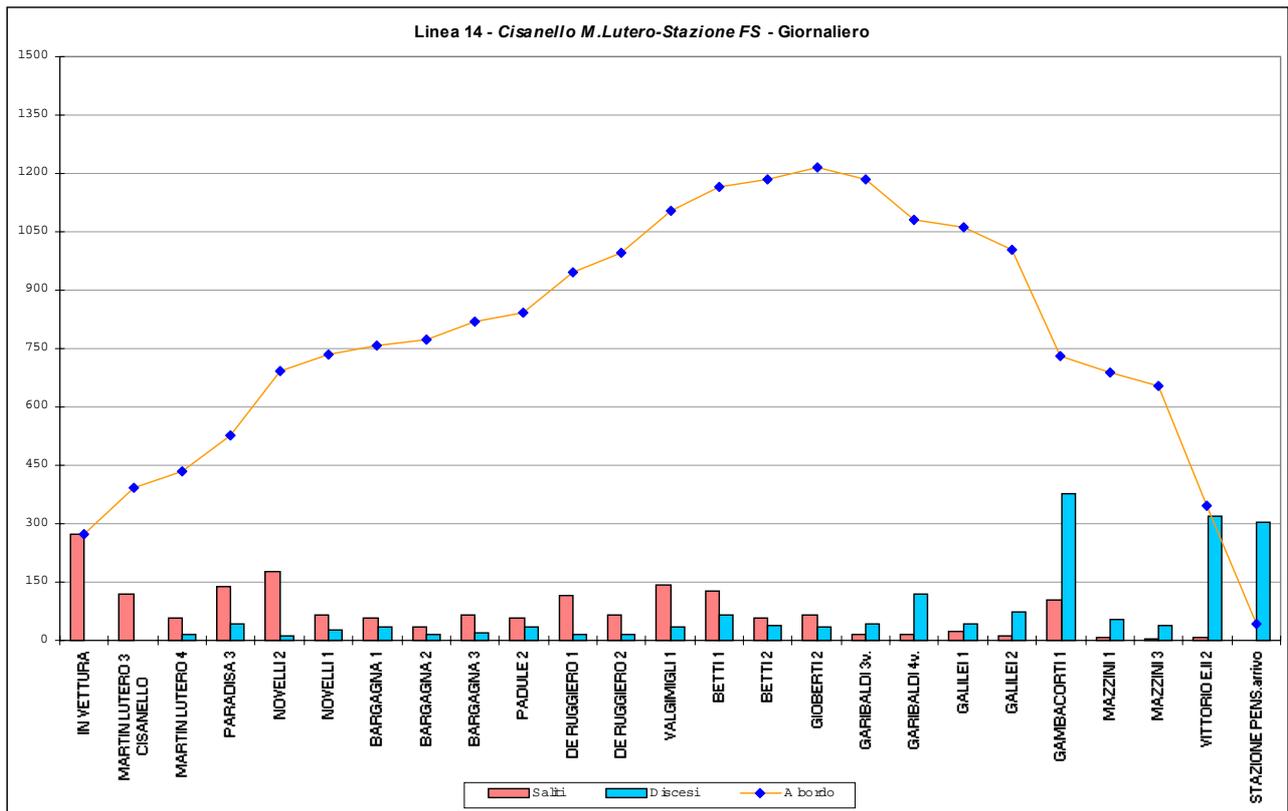


Figura 4.25 - Diagramma di carico linea "14" - Giornaliero

4.2 ALTRE CARATTERISTICHE DELLA DOMANDA

Si è ritenuto utile, in questo paragrafo, riportare alcuni dei risultati dell'indagine TAGES sui trasporti pubblici urbani, che si ritengono particolarmente significativi per tracciare in modo più completo il quadro delle caratteristiche dell'utenza.

Dall'indagine qualitativa è stato possibile ricavare:

- il numero medio giornaliero di viaggi per abbonato, pari a 2,9 viaggi/die,
- la quota di abbonati, pari al 37% dei viaggiatori,
- la stratificazione dell'utenza per motivo del viaggio, che è così suddivisa:

| | |
|---------|-----|
| Lavoro: | 25% |
| Studio: | 26% |
| Altro: | 49% |

Va evidenziato a questo punto che il dato degli abbonati rilevato non corrisponde con quello desunto dall'analisi dei titoli di viaggio del venduto. Da questi ultimi risulta, come si può rilevare anche dalla figura 3.3, che nei mesi invernali la quota di abbonati dovrebbe essere preponderante, dato che, peraltro, è confortato dal numero di viaggi giornaliero degli abbonati sopra riportato, valore che risulta compatibile con quello utilizzato nelle stime effettuate al paragrafo 3.5; non solo, anche la stratificazione dell'utenza sopra riportata porta a stimare una quota di abbonati superiore a quella rilevata dalla statistica dell'indagine qualitativa. Una possibile interpretazione di questa differenza potrebbe dipendere dalla quota di abusivismo, che verrebbe così indirettamente confermato come un fenomeno di notevole ampiezza. Nella tabella 4.1 è stata quindi riportato, per ogni linea, il mezzo utilizzato prima/dopo l'autobus, da cui si ricava una sensibile quota di interscambio con altri mezzi pubblici, ovvero del 13,1% con altri autobus e del 6,1% col treno. Analizzando i dati separatamente tra mezzo utilizzato prima o dopo, si riscontra una sensibile differenza per quanto riguarda il treno, che risulta maggiormente utilizzato prima del viaggio sull'autobus urbano (7,8%) rispetto a dopo (4,9%).

La quota di chi utilizza un altro mezzo prima dell'autobus urbano è irrisoria, ammontando a meno del 2%. Anche se nei dati forniti non viene specificato, è da ritenersi che questa quota sia da riferirsi in gran parte ad utilizzo dell'auto come mezzo utilizzato prima dell'autobus. Non rilevabile infine è la quantità di quanti prendono un altro mezzo (ovvero non bus e/o treno) dopo l'autobus urbano. Nel complesso, la quota di quanti utilizzano un altro mezzo che non sia un altro autobus, il treno e, ovviamente, la marcia a piedi prima e/o dopo l'autobus urbano è di circa l'1% del totale dei passeggeri.

Da rilevare, tuttavia, che i rilievi non sono stati effettuati sulla navetta "C", linea che peraltro è esclusivamente a disposizione dei turisti.

| LINEE URBANE | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Mezzo utilizzato | navetta A | navetta E | linea 2 | linea 3 | linea 4 | linea 5 | linea 6 | linea 7 | linea 8 | linea 9 | linea 12 | linea 13 | linea 14 | corse bis | Totale |
| a Piedi | 72% | 81,2% | 73,7% | 78% | 83% | 83,8% | 84,2% | 79,2% | 88,4% | 73% | 89,8% | 79,2% | 79% | 92,9% | 79,8% |
| altro Bus | 14% | 9,9% | 19,2% | 13% | 12% | 12,1% | 13,9% | 12,9% | 11,6% | 17% | 7,1% | 12,9% | 14% | 7,1% | 13,1% |
| Treno | 7% | 0% | 7,1% | 8% | 5% | 4,1% | 1,9% | 7,9% | 0% | 10% | 0% | 6,9% | 7% | 0% | 6,1% |
| altro mezzo | 7% | 8,9% | 0% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 3,1% | 1% | 0% | 0% | 1% |
| TOTALE | 100% |

Tabella 4.1 - Mezzo utilizzato prima/dopo l'autobus urbano

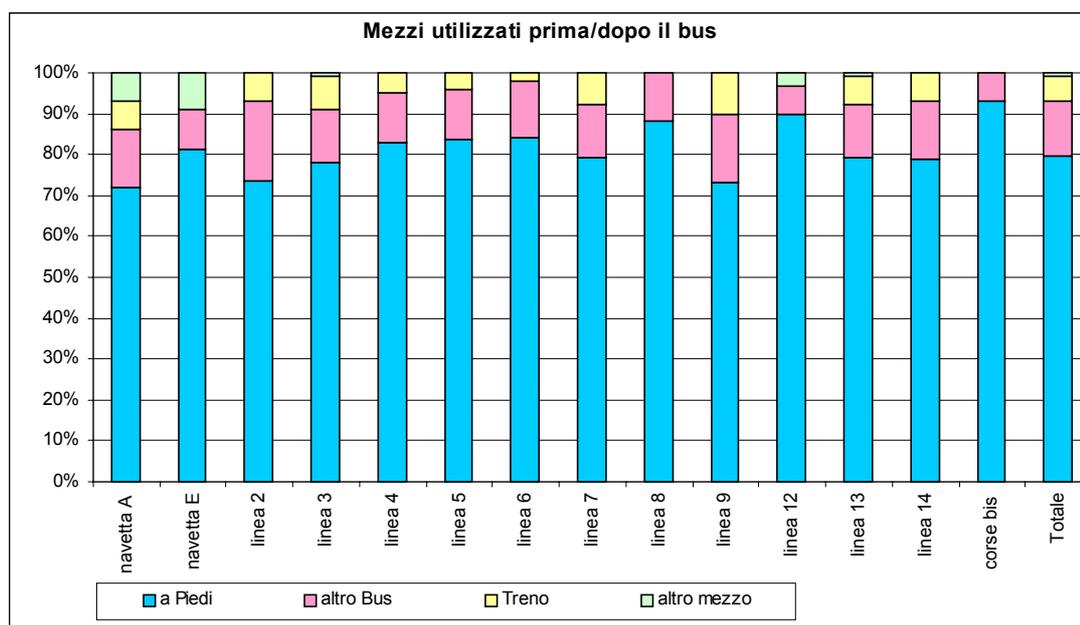


Fig. 4.26 - Mezzi utilizzati prima/dopo l'autobus urbano



4.3 DISTRIBUZIONE DELL'UTENZA STUDENTESCA

Grazie alla collaborazione del Provveditorato agli Studi, è stato possibile elaborare una mappa adeguatamente dettagliata degli spostamenti effettuati dagli studenti delle scuole medie superiori per raggiungere il proprio istituto scolastico, dei quali, nella tabella 4.2, è riportato l'elenco e la localizzazione.

I dati utilizzati si riferiscono all'anno scolastico 2001-2002, e riguardano in totale 3950 studenti, di cui 2240 provenienti dai comuni limitrofi.

Per quanto riguarda gli studenti con residenza esterna al comune di Pisa, sono state quindi identificate le principali direttrici di movimento dell'utenza studentesca proveniente dai comuni limitrofi, riportate in tabella 4.3 e, in forma grafica, nella tavole 4.2.

Relativamente agli studenti residenti nel territorio comunale, è stata ricavata la matrice O/D interna degli studenti, riportata in tabella 4.4. Nella tavola 4.3, in cui sono state riportate le "Linee di desiderio" dei flussi superiori a 15 studenti, si può notare una particolare concentrazione dei flussi verso via Cairoli, dove sono localizzati gli istituti I.T.C., il liceo Classico "Galilei" ed il liceo Scientifico "Dini", nonché verso Largo Marchesi, dove si trovano gli istituti I.T.F. "Santoni" e il liceo scientifico "Buonarroti".

| N. rif. | Zona U.T.O.E. | Zona trasp. | DENOMINAZIONE | TIPOLOGIA | INDIRIZZO |
|---------|---------------|-------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 1 | 12 | "A. Pacinotti" | I.T.C. | via B. Croce, 34 |
| 2 | 1 | 12 | "G. Galilei" | Liceo Classico | via B. Croce, 32 |
| 3 | 1 | 12 | "U. Dini" | Liceo Scientifico | via B. Croce, 36 |
| 4 | 2 | 21 | "F. Russoli" | Istituto d'Arte | via San Frediano, 13 |
| 5 | 2 | 27 | "Santa Caterina" | Liceo Scientifico | piazza Santa Caterina, 4 |
| 6 | 2 | 28 | "G. Carducci" | Istituto Magistrale | via San Zeno, 3 |
| 7 | 5 | 43 | "G. Matteotti" | I.P.S.A.C.T. | via Garibaldi, 194 |
| 8 | 5 | 51 | "E. Santoni" | Istituto Superiore (I.T.F.) | largo C. Marchesi |
| 9 | 5 | 51 | "F. Buonarroti" | Liceo Scientifico | largo C. Marchesi |
| 10 | 9 | 91 | "L. da Vinci" | I.T.I. | via Contessa Matilde, 74 |
| 11 | 9 | 91 | "G. Fascetti" | I.P.S.I.A. | via Rindi, 47 |

Tabella 4.2 - Scuole Medie Superiori pubbliche di Pisa

| NOMI DELLE ZONE ESTERNE | SCUOLE | | | | | | | | | | | | TOT | % |
|----------------------------|--------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| Vecchiano | 36 | 12 | 42 | 5 | 0 | 28 | 25 | 22 | 16 | 38 | 16 | 240 | 10,71 | |
| San Giuliano Terme | 56 | 52 | 103 | 19 | 8 | 65 | 79 | 64 | 104 | 74 | 43 | 667 | 29,78 | |
| Calci-Buti | 20 | 9 | 17 | 3 | 0 | 15 | 28 | 9 | 18 | 10 | 7 | 136 | 6,07 | |
| Cascina-Vicopisano | 58 | 39 | 104 | 12 | 2 | 42 | 115 | 78 | 50 | 88 | 38 | 626 | 27,95 | |
| Collesalveti | 1 | 1 | 9 | 7 | 1 | 5 | 30 | 6 | 3 | 0 | 2 | 65 | 2,90 | |
| Livorno | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 44 | 1,96 | |
| Litorale tirreno nord | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 14 | 31 | 55 | 2,46 | |
| Lucca | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 1 | 15 | 34 | 1,52 | |
| Area di Pontedera-Ponsacco | 0 | 0 | 0 | 10 | 3 | 1 | 67 | 5 | 0 | 6 | 10 | 102 | 4,55 | |
| Val d'Arno | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 1 | 33 | 3 | 0 | 6 | 3 | 62 | 2,77 | |
| Area di Casciana Terme | 21 | 9 | 25 | 5 | 1 | 20 | 44 | 23 | 4 | 18 | 20 | 190 | 8,48 | |
| Litorale tirreno sud | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 13 | 0,58 | |
| Altri | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 6 | 0,27 | |
| TOTALE | 194 | 124 | 301 | 121 | 15 | 180 | 450 | 212 | 198 | 256 | 189 | 2240 | 100,0 | |
| % | 8,66 | 5,54 | 13,44 | 5,40 | 0,67 | 8,04 | 20,09 | 9,46 | 8,84 | 11,43 | 8,44 | 100,0 | | |

NOTE:

Il Litorale tirreno nord comprende la fascia tirrenica ad ovest di Lucca facente capo a Viareggio, Camaiore, Massa, Carrara ed altri centri minori;

Lucca, oltre al capoluogo, comprende anche altri centri vicini, come Borgo a Mozzano, Capannori ed Altopascio;

L'Area di Pontedera-Ponsacco comprende anche Bientina, Calcinaia, Capannoli, Palaia e Santa Maria a Monte;

Il Val d'Arno comprende Castelfranco di Sotto, Fucecchio, Montopoli Val d'Arno, San Miniato e Santa Croce sull'Arno;

L'Area di Casciana Terme comprende Castellina Marittima, Crespina, Fauglia, Lajatico, Lari, Lorenzana, Orciano Pisano, Peccioli, Santa Luce e Terricciola;

Il Litorale tirreno sud comprende alcuni centri a sud di Livorno, come Cecina, Volterra, Piombino, San Vincenzo ed altri minori;

Nella voce Altri sono compresi centri di origine molto più esterni.

Tabella 4.3 - Diretrici esterne di provenienza studenti scuole superiori non residenti

| DENOMINAZIONE U.T.O.E. | SCUOLE | | | | | | | | | | | | TOT | % |
|-------------------------------------|--------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 1 Centro Storico Sud | 8 | 15 | 31 | 6 | 2 | 5 | 5 | 7 | 7 | 4 | 0 | 90 | 5,26 | |
| 2 Centro Storico Nord | 7 | 10 | 29 | 3 | 3 | 11 | 5 | 10 | 22 | 6 | 1 | 107 | 6,26 | |
| 3 prog. Parco Museale | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 7 | 0,41 | |
| 4 Pratale - perif.Est | 11 | 18 | 16 | 1 | 2 | 6 | 6 | 6 | 35 | 6 | 2 | 109 | 6,37 | |
| 5 S.Michele - perif.Est | 12 | 27 | 23 | 4 | 3 | 13 | 18 | 12 | 41 | 13 | 3 | 169 | 9,88 | |
| 6 Cisanello - area filtro verde | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 12 | 0,70 | |
| 7 Cisanello - area centrale | 18 | 14 | 14 | 3 | 0 | 11 | 28 | 14 | 58 | 16 | 8 | 184 | 10,76 | |
| 8 Cisanello - area Ospedale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 9 A.cuscinetto Centro/P.ta a Lucca | 0 | 7 | 4 | 0 | 1 | 10 | 7 | 5 | 3 | 6 | 1 | 44 | 2,57 | |
| 10 Area via del Brennero | 5 | 4 | 8 | 1 | 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 4 | 3 | 56 | 3,27 | |
| 11 Porta a Lucca | 8 | 17 | 38 | 0 | 1 | 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 86 | 5,03 | |
| 12 Corona Agricola Nord | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | 2 | 2 | 2 | 0 | 17 | 0,99 | |
| 13 Gagno - Campaldo | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 0 | 24 | 1,40 | |
| 14 Nodo ferrov. S.Rossore | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 15 A.cuscinetto via Bonanno | 0 | 6 | 9 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0,99 | |
| 16 Aurelia Nord - Barbaricina | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8 | 0,47 | |
| 17 Aurelia Nord - Le Cascine | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 10 | 0,58 | |
| 18 Barbaricina | 4 | 3 | 24 | 1 | 2 | 1 | 1 | 7 | 1 | 5 | 0 | 49 | 2,87 | |
| 19 CEP - via delle Lenze | 5 | 5 | 15 | 3 | 0 | 10 | 13 | 9 | 2 | 8 | 11 | 81 | 4,74 | |
| 20 A.preparco Barbaricina-S.Rossore | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 21 S.Piero a Grado | 3 | 2 | 9 | 1 | 0 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 0 | 26 | 1,52 | |
| 22 La Vettola | 5 | 3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 21 | 1,23 | |
| 23 Porta a Mare | 2 | 6 | 4 | 1 | 0 | 2 | 5 | 3 | 2 | 3 | 2 | 30 | 1,75 | |
| 24 Parco Golena d'Arno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 25 S.Giovanni al Gatano | 2 | 4 | 7 | 0 | 0 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 26 | 1,52 | |
| 26 A.Sud Porta a Mare | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 27 S.Giusto - S.Marco | 14 | 15 | 28 | 6 | 4 | 21 | 15 | 10 | 23 | 12 | 1 | 149 | 8,71 | |
| 28 Aeroporto G.Gallei | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,06 | |
| 29 Porta Fiorentina - zona stazione | 9 | 10 | 12 | 1 | 0 | 6 | 10 | 12 | 12 | 8 | 4 | 84 | 4,91 | |
| 30 S.Ermete - Putignano | 8 | 3 | 14 | 3 | 0 | 7 | 13 | 21 | 12 | 10 | 2 | 93 | 5,44 | |
| 31 Riglione - Oratoio | 12 | 3 | 9 | 1 | 1 | 4 | 11 | 13 | 17 | 8 | 3 | 82 | 4,80 | |
| 32 Area delle Bocchette | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 33 Ospedaletto | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0,47 | |
| 34 Zona Industriale Ospedaletto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 35 A.agricola interf. Aeroporto | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0,58 | |
| 36 Via Emilia Sud | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 37 Granuccio - Montacchiello | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| 38 Marina di Pisa | 11 | 2 | 16 | 4 | 3 | 3 | 9 | 8 | 2 | 8 | 3 | 69 | 4,04 | |
| 39 Tirrenia | 11 | 1 | 7 | 1 | 0 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1 | 3 | 40 | 2,34 | |
| 40 Calambrone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0,06 | |
| TOTALE | 166 | 184 | 341 | 44 | 25 | 148 | 176 | 167 | 270 | 136 | 53 | 1710 | 100,0 | |
| % | 9,71 | 10,76 | 19,94 | 2,57 | 1,46 | 8,65 | 10,29 | 9,77 | 15,79 | 7,95 | 3,10 | 100,0 | | |

Tabella 4.4 - Zone di provenienza degli studenti scuole medie superiori residenti in Pisa

5. MODELLO DI SIMULAZIONE

In questo capitolo viene descritto il modello di simulazione della rete urbana dei trasporti pubblici, articolato nei seguenti aspetti:

- il funzionamento in generale del modello di simulazione;
- la base dati utilizzata;
- la costruzione del modello di offerta;
- i parametri utilizzati nel modello;
- la costruzione della matrice o/d dell'utenza;
- la rispondenza tra i dati ottenuti dal modello e quelli ricavati sul campo.

5.1 Il modello di simulazione

Il modello di simulazione è basato su diversi applicativi, ovvero:

- Microsoft Access per la gestione della base dati;
- Visual Basic for Applications di Microsoft Access per quanto riguarda il modello di stima della domanda;
- WNETRAF per quanto riguarda l'assegnazione e la rappresentazione dei flussi.

Il software WNETRAF era già in dotazione degli Uffici del Servizio Mobilità e Qualità della Città, in quanto utilizzato per la messa a punto del Piano Urbano del Traffico.

Il modello è di tipo "a frequenze", ovvero prevede di assegnare ad ogni linea una frequenza, tralasciando di imputare l'orario di passaggio per ogni nodo di ogni singola corsa.

Il modello comportamentale prevede che il viaggiatore segua una strategia ottimale che lo porti a minimizzare il tempo del viaggio, inclusi i tempi di spostamento dal luogo di origine alla fermata e dalla fermata di discesa al luogo di destinazione, nonché il tempo di attesa, stimato direttamente in funzione dell'intervallo tra una corsa e la successiva.

In caso di alternative di percorso o di linee con percorsi paralleli o sovrapposti, il modello tiene conto, nella stima della domanda, delle sinergie determinate dal maggior livello di servizio, mentre in fase di assegnazione la probabilità che un utente scelga una determinata linea è data dal rapporto tra il tempo totale di viaggio con la medesima linea ed i tempi totali di tutte le altre linee disponibili passanti per il nodo.

Le linee più frequenti sono quindi favorite nella scelta degli utenti, avendo minor tempo di attesa.

Si può notare come con questo metodo non venga suddivisa la domanda in segmenti temporali, e non ci sia ottimizzazione degli interscambi in base all'orario¹. Il modello fornisce quindi come risultato un generico carico di linea nel periodo di simulazione e non il carico delle singole corse.

Queste approssimazioni però sono ripagate dalla maggior semplicità del modello a frequenze rispetto al modello ad orario e soprattutto dalla sua utilizzabilità immediata in termini previsionali. Con un modello ad orario, per procedere ad una simulazione di previsione bisognerebbe avere la programmazione degli orari della rete TPL futura.

5.2 La base dati utilizzata

I dati utilizzati principalmente sono:

- conteggi saliti e discesi su tutte le corse di un giornata feriale invernale (indagini TAGES rete urbana dell'aprile 2002 e indagini TAGES rete extraurbana, novembre 2001);
- interviste campionarie ("indagine alle famiglie"), svolta in occasione dello sviluppo del Piano Urbano del Traffico.

Le linee extraurbane sono state simulate quale completamento della rete urbana ai fini di comprendere gli spostamenti generati dalle frazioni del litorale e di Riglione.

Gli spostamenti extraurbani (treno ed autobus) sono stati considerati esclusivamente qualora effettuati sulla rete urbana; in tal caso risultano vincolati alla zona di sbarco, quali la stazione ferroviaria o la stazione degli autobus extraurbani, esattamente come se si trattasse di spostamenti di residenti.

Il modello è impostato su 77 zone origine/destinazione, le medesime utilizzate dal modello di simulazione del PGTU, mentre il periodo simulato corrisponde all'ora di punta mattutina 7.30-8.30.

Le interviste alle famiglie hanno fornito la struttura di partenza della matrice origine/destinazione, nonché la prima configurazione del vettore degli attrattori. Per quanto riguarda le zone di origine, come generatori si sono utilizzati i residenti.

I conteggi saliti/discesi sono stati effettuati su tutte le fermate di ogni corsa di un giorno feriale medio; da questi sono stati ricavati i diagrammi di carico dell'ora di punta mattutina.

5.3 La costruzione del modello di offerta

Il modello di offerta riproduce la rete del trasporto pubblico locale come essa era nell'inverno 2001-2002, ed è quindi congruente con i dati delle indagini dei saliti e dei discesi alle fermate.

La rete stradale su cui sono state definite le linee è quella del modello del trasporto privato, con opportune modifiche ed integrazioni per tenere conto delle specificità della rete urbana di tpl: corsie riservate, utilizzo di rami di viabilità locale non presenti, ecc.

¹ Al cambio di linea, viene dunque ancora riproposto l'intervallo medio di attesa. Qualora, nella definizione degli scenari futuri, si prevedano delle coincidenze, andranno inseriti degli appositi archi di connessione diretti tra le linee nei punti di interscambio.

A partire dal grafo del trasporto privato, si è quindi provveduto a realizzare un primo livello di rete pedonale rendendo tutti i rami bidirezionali; su questa rete si sono quindi definiti i percorsi delle linee, nonché le connessioni di queste alla rete pedonale, che possono avvenire in qualunque nodo. Le fermate sono pertanto simulate in corrispondenza dei nodi della rete con appositi archi di connessione monodirezionali, distinti tra archi di salita ed archi di discesa. Agli archi di discesa è stato attribuito un tempo fisso di 60', mentre agli archi di salita è stato attribuito un tempo fisso, dipendente dalla frequenza caratteristica della linea nell'ora di punta, stimato con la formula seguente:

$$T_{attesa} = (60 \cdot 40 / (60 / [Frequenza] + 1,5)),$$

dove [Frequenza] è l'intervallo medio tra una corsa e l'altra, espresso in minuti, e T_{attesa} è in secondi.

Questa formula tiene conto del fatto che, quando la frequenza diviene più bassa, l'utente non si presenta più casualmente alla fermata, ma comincia a tenere conto dell'orario previsto di passaggio.

Per quanto riguarda la descrizione delle linee urbane si è dovuto procedere ad una qualche semplificazione: sono state eliminate le varianti, di entità assai limitata sulla rete urbana di Pisa, mentre la linea "Navetta A" è stata impostata come un'unica linea dal parcheggio di Pietrasantina alla stazione, senza corse limitate a Gambacorti, introducendo, come fattore di correzione, una diminuzione della frequenza equivalente di un minuto.

La navetta "C", essendo riservata ai turisti, non viene simulata.

Le linee extraurbane sono state introdotte solamente per assicurare la connessione da/per le frazioni del litorale (Linea E010) e verso Riglione (Linee E150 ed E160).

La necessità di ricondurre la classificazione dei codici delle linee della rete urbana ad identificativi esclusivamente numerici, compresi tra 1 e 99, ha comportato la ridefinizione della codifica delle navette e delle linee extraurbane.

Nella tabella seguente sono riportati i codici di linea e le relative frequenze utilizzati nel modello:

| Codice linea | Codice modello | Frequenza |
|-----------------------|----------------|--------------|
| 2 | 2 | 15 |
| 3 | 3 | 20 |
| 4 | 4 | 15 |
| 5 | 5 | 15 |
| 6 | 6 | 20 |
| 7 | 7 | 12 |
| 8 | 8 | 60 |
| 9 | 9 | 15 |
| 12 | 12 | 120 |
| 13 | 13 | 15 |
| 14 | 14 | 15 |
| Navetta A | 21 | 10 |
| Navetta C | 23 | Non simulata |
| Navetta E (elettrica) | 25 | 15 |
| Extraurbana E010 | 31 | 30 |
| Extraurbana E150 | 15 | 60 |
| Extraurbana E160 | 16 | 30 |

5.4 I parametri del modello

I tempi di spostamento da origine O a destinazione D, con salita sul mezzo pubblico alla fermata f1 e discesa alla fermata f2, sono calcolati nel modello nel seguente modo:

$$\text{Tempo}(o/d) = \text{TempoAccesso}(o/f1) + \text{TempoAttesa}(f1) + \text{TempoBordo}(f1/f2) + \text{TempoDiscesa}(f2) + \text{TempoEgresso}(f2/d)$$

Ove:

$\text{TempoAccesso}(o/f1)$ è dato dal tempo di accesso a piedi da origine a fermata di salita (vel 3,5 km/h),

$\text{TempoAttesa}(f1)$ è dato dal tempo medio di attesa T_{attesa} , calcolato con la formula specificata al paragrafo precedente,

$\text{TempoBordo}(f1/f2)$ è dato dai tempi di percorrenza della linea da fermata f1 a fermata f2, determinati in base alle velocità commerciali attribuite alle singole tratte, secondo tre valori possibili: 17, 23 e 28km/h,

$\text{TempoDiscesa}(f2)$ è dato dal valore fisso di 60",

$\text{TempoEgresso}(f2/d)$ è dato dal tempo di egresso a piedi da fermata di discesa a destinazione

Qualora il viaggio preveda uno (o più) trasbordi si aggiungono nei tempi di spostamento nuovi addendi del tipo:

$$\text{TempoAccesso}(f2/f11) + \text{TempoAttesa}(f11) + \text{TempoBordo}(f11/f12) + \text{TempoDiscesa}(f12)$$

ove il tempo di attesa è quello caratteristico della linea su cui trasbordare. Il valore di $\text{TempoAccesso}(f2/f11)$, corrispondente al tempo dato dall'eventuale percorso a piedi per passare dal nodo f2 (di discesa dalla prima linea) al nodo f11 (di salita sulla seconda linea), è diverso da zero se il nodo di discesa e di salita non coincidono.

L'assegnazione della domanda viene effettuata in base alla minimizzazione del tempo totale $\text{Tempo}(o/d)$ di spostamento, distribuendo il flusso tra origine e destinazione tra le eventuali scelte possibili mediante un algoritmo di tipo DIAL, che ripartisce la domanda in base al rapporto tra il tempo totale di viaggio con la medesima linea ed i tempi totali di tutte le altre linee disponibili passanti per il nodo.

A parità di tutti gli altri fattori (tempo di percorrenza, tempi di raggiungimento del nodo della rete di trasporto pubblico), la frequenza diventa dunque un fattore di scelta determinante. Ad esempio, se per un nodo transitano 2 linee, una (linea A) con intertempo 6 minuti, l'altra (linea B) con intertempo 30 minuti, si ha:

$$\text{frequenza}(A) = 60/30 = 2 \text{ corse/h}$$

$$\text{frequenza}(B) = 60/6 = 10 \text{ corse/h}$$

$$\text{frequenza combinata} = 2+10 = 12 \text{ corse/h}$$

Quindi si ricava facilmente:

$$P(A) = 2/12 = 0,17$$

$$P(B) = 10/12 = 0,83$$

5.5 La costruzione della matrice o/d

L'esiguità dei dati disponibili, ed in particolare di una rilevazione diretta dell'origine/destinazione degli spostamenti, nonché di dati di descrizione territoriali opportunamente stratificati (studenti, addetti), ha reso necessario l'adozione di un modello di stima della domanda su trasporto pubblico estremamente semplificato e che si basa sulla stima diretta della domanda servita dal mezzo pubblico. D'altra parte, risultando particolarmente esigua la stessa utenza del trasporto pubblico, non viene giustificato l'utilizzo di metodologie più complesse, che risulterebbero inutilmente sofisticate.

La matrice o/d è stata ricostruita mediante l'applicazione di un modello di emissione e di distribuzione semplificato, basato su una sola categoria di utenti del mezzo pubblico e senza distinzione del motivo del viaggio.

Il modello di emissione è di tipo proporzionale semplice:

$$d(i) = \alpha \cdot \alpha_0(i) \cdot R(i)$$

dove:

R(i) residenti nella zona, derivato dalla zonizzazione UTOE;
 α parametro di emissione generale;
 $\alpha_0(i)$ parametro di calibrazione per zona.

Il modello di distribuzione è basato su un modello gravitazionale semplicemente vincolato, ovvero:

$$p_{ij} = \frac{A_j^\beta \cdot e^{-\bar{\delta} \cdot C_{ij}}}{\sum_{j'} A_{j'}^\beta \cdot e^{-\bar{\delta} \cdot C_{ij}'}}$$

Dove:

A_j variabile di attrazione, derivata dalle indagini alle famiglie;
 C_{ij} variabile di costo generalizzato;
 β coefficiente di attrattività
 $\bar{\delta}$ coefficiente di costo

I costi generalizzati C_{ij} corrispondono al tempo totale di spostamento. Al fine di eliminare le relazioni effettuabili totalmente a piedi, viene adottato un opportuno moltiplicatore. Qualora vi siano più possibilità di percorso con linee diverse, viene applicato un coefficiente di riduzione per tener conto della sinergia tra linee con percorsi paralleli o sub-paralleli.

5.6 La 'validazione' del modello

Ai fini della validazione del modello, si sono utilizzati i dati dei conteggi di saliti e discesi in tutte le fermate di tutte le corse di un giornata feriale invernale (indagini TAGES rete urbana dell'aprile 2002 e indagini TAGES rete extraurbana, novembre 2001).

In verità, lo studio fornisce in modo analitico semplicemente i saliti ed i discesi alle fermate ed i passeggeri a bordo di ogni corsa. I diagrammi di carico linea per linea in ora di punta sono quindi il risultato di una elaborazione operata nell'ambito del presente studio.

Dai diagrammi di carico si sono quindi estrapolati i valori di riferimento in 84 sezioni significative; il risultato finale è stato valutato sulla base dei seguenti parametri:

| | |
|--|-------|
| Totale passeggeri | 2866 |
| Media algebrica degli scarti | 3,77 |
| Media dei valori assoluti degli scarti | 10,59 |
| Scarto quadratico medio | 13,11 |

La figura seguente rappresenta graficamente la convergenza dei valori di riferimento con i valori rilevati.

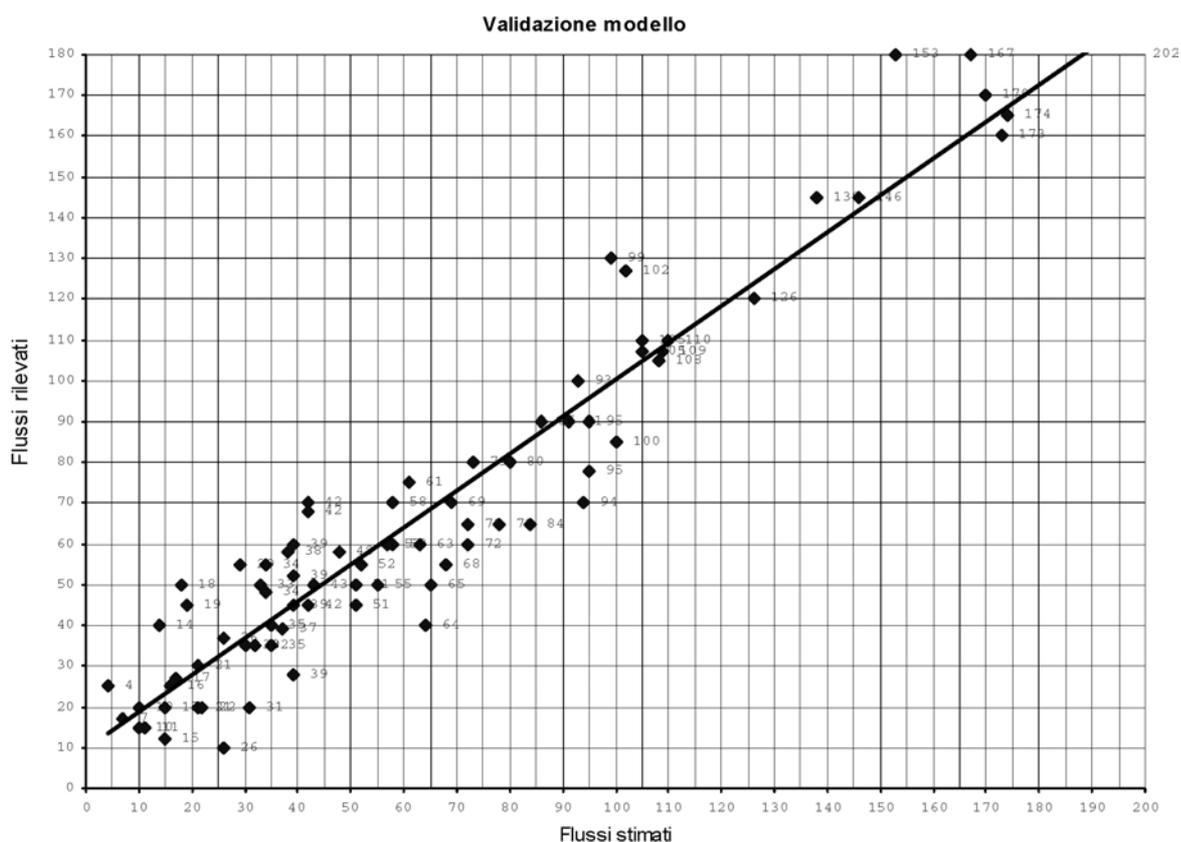


Fig. 5.1 - Validazione del modello di simulazione