



Ricerca di Sistema elettrico

V2V : accumulo distribuito per parcheggio di scambio elettrificato

Antonino Genovese, Giancarlo Giuli, Massimo Mancini

V2V : accumulo distribuito per parcheggio di scambio elettrificato

Antonino Genovese, Giancarlo Giuli, Massimo Mancini (ENEA)

Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2016

Area: Efficienza energetica negli usi finali elettrici e risparmio di energia negli usi finali elettrici ed interazione con altri vettori elettrici

Progetto: D.7 “Mobilità elettrica sostenibile”

Obiettivo: Tecnologie ed infrastrutture di ricarica veicoli elettrici; sub obiettivo b3 V2V accumulo distribuito per parcheggio di scambio elettrificato

Responsabile del Progetto: ing. Antonino Genovese, ENEA

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	7
2.1 DATI DISPONIBILI.....	7
2.2 SCELTA DEL PARCHEGGIO DI SCAMBIO.....	7
2.3 COMPORTAMENTO DEI DATI CAMPIONE AD ANAGNINA.....	13
2.4 ANDAMENTI DEGLI SCAMBI DI ENERGIA.....	18
3 CONCLUSIONI.....	30
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	30
5 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	31

Sommario

Con l'arrivo sul mercato di nuovi modelli di veicoli elettrici in grado di raggiungere autonomie anche di 300 chilometri, il mercato delle vendite si prepara a raccogliere finalmente quell'atteso salto di qualità sulle vendite, che finora è stato molto lento.

Con l'aumentata capacità delle batterie, il problema delle colonnine di ricarica, pur rimanendo essenziale, diventa meno sentito, almeno in città. Il veicolo, infatti grazie all'aumentata capacità di carica riduce il numero di accessi alla colonnina.

Investire sulle colonnine è certamente corretto, ma eccedere non migliora le cose perché si tolgono risorse che potrebbero essere investite diversamente per incrementare questo sviluppo. Considerando che diverse delle attuali colonnine spesso sono poco utilizzate e alcune di queste probabilmente continueranno ad esserlo. Infatti mentre i nuovi veicoli elettrici stanno aumentando le capacità delle batterie, le colonnine invece manterranno le attuali modalità di funzionamento compresa la potenza, e la connessione a cavo (anziché collegamento wireless).

Il problema di fondo è che la ricarica di base sarà fatta in casa ed al lavoro. Quindi le ricariche alle colonnine rischieranno di diventare scomode per via dei lunghi tempi richiesti. In ogni caso una loro diffusione territoriale va garantita.

Una idea che si sta diffondendo e che comunque ridurrebbe il problema della ricarica, rendendola disponibile in un maggior numero di punti della città, è quella di ricaricarsi da un altro veicolo elettrico (V2V). In questo caso il veicolo che dispone di un'ampia batteria, una volta in sosta può essere considerato come una sorta di colonnina, proprio nel parcheggio dove si trova, aumentando di fatto i possibili punti di ricarica ma con modesti investimenti.

Questo originale sistema di ricarica V2V risulta interessante, promettendo in futuro sicuri sviluppi. Inoltre se i veicoli in condizioni di cedere energia, dispongono in casa di un impianto fotovoltaico, potranno rivendere l'esubero della produzione casalinga.

Attualmente, questa modalità di ricarica, data la scarsità di veicoli elettrici circolanti, ha per il momento scarsa possibilità di applicazione.

Visto però che c'è un crescente interesse su questa tematica, nel presente lavoro si è voluta approfondire il comportamento del V2V in un grande parcheggio di scambio dove la probabilità di successo è maggiore.

1 Introduzione

La continua evoluzione dei veicoli elettrici (VE) ha portato a cambiamenti nel loro uso. Il miglioramento principale riguarda l'aumento delle capacità delle batterie che oggi consentono a diversi modelli di veicoli elettrici alimentati dalla sola batteria (BEV) di raggiungere e superare i 300 km con una sola ricarica. Questa maggior autonomia consente al VE di ridurre la frequenza di ricarica anche ad 1 o 2 volte a settimana. Mentre rimane ancora una criticità quella dei viaggi molto lunghi. Parallelamente si sta diffondendo l'installazione delle colonnine, ma non in modo omogeneo in tutti paesi.

Per avere un quadro di come stanno andando le vendite dei veicoli BEV e le installazioni delle colonnine, si riportano in Tabella 1 i dati raccolti in [1]. Per 7 paesi Europei e altri 3 grandi paesi extra-europei sono mostrate le vendite dei veicoli passeggeri nel 2016: dei soli VE, di quelli complessivi, la percentuale dei VE, nonché la variazione percentuale dei VE rispetto all'anno precedente. Infine nelle ultime 2 colonne, per i soli paesi Europei e riporta il numero di colonnine pubbliche e la loro percentuale rispetto ai veicoli totali venduti. Quanto riportato in tabella è una visione parziale rispetto a quella mondiale. Infatti da [2] risulta che nel 2015, in tutto il mondo, i veicoli passeggeri prodotti sono stati 91,7 milioni e sono cresciuti a 96,1 nel 2016. I veicoli passeggeri prodotti nei 19 stati dell'Unione Europea sono stati 16,5 milioni nel 2016 mentre quelli registrati hanno sfiorato i 17 milioni.

Tabella 1. Vendita VE e diffusione colonnine di ricarica nel 2016

Stato	Veicoli venduti 2016			Variazione sul 2015 dei VE (%)	Colonnine	
	VE	Totali	VE (%)		Totali	% su veic. venduti
EUROPA	Norvegia	29.520	154.603	19	6	6,11
	Francia	21.758	2.015.177	1,1	26	0,80
	Germania	11.322	3.351.607	0,3	-6	0,61
	Gran Bretagna	10.509	2.692.786	0,4	4	0,49
	Spagna	4.746	1.147.007	0,4	52	0,23
	Paesi Bassi	3.737	382.825	1	47	7,83
	Italia	1.819	1.824.968	0,1	-5	0,12
	83.411	11.568.973	0,72	11,4	93.831	0,81
Cina	257.000	24.376.902	1,1	22		
Stati Uniti	86.731	6.872.729	1,3	75		
Giappone	15.461	4.146.459	0,4	48		
TOTALI	442.603	46.965.063	0,94	28,1		

Oggi l'interesse per le colonnine non è più tanto sulla loro consistenza ma piuttosto sulla loro qualità intesa come potenza (ricarica veloce) e giusta dislocazione ed i dati della Tabella 1 sembrano confermare ciò.

Si vede infatti che nei 2 paesi con le 2 più alte vendite di VE, Norvegia e Francia, il numero dei VE supera abbondantemente il numero delle colonnine. Al contrario, i Paesi Bassi con le loro 29.998 colonnine (primi in assoluto e soprattutto proporzionalmente) non hanno un numero di VE venduti altrettanto eccezionale. Anche la Germania, che con le sue 20.295 colonnine è in assoluto il secondo paese per numerosità di colonnine ha una vendita percentuale di VE che, escludendo l'Italia è la più bassa in assoluto. Oltretutto ha addirittura ridotto le vendite di un 6% rispetto all'anno precedente pur essendo un paese che vanta una produzione con diversi modelli di VE. Altro paese meritevole di attenzione è la Spagna che, pur essendo in penultima posizione, con solo 2.621 colonnine, riesce a vendere, percentualmente più della Germania. Nonostante la scarsità di colonnine, riesce ad ottenere il miglior incremento di vendite rispetto all'anno precedente pari al 52%.

Infine dai dati mostrati si osserva che, più della metà dei VE è venduta in Cina che vanta un'ottima percentuale di vendite, superata solo da Norvegia e Stati Uniti.

Anche il lavoro [3], da cui è estratta la Figura 1 conferma che il problema principale dei VE non sono le colonnine.

Nella figura è mostrato, per 15 paesi, il numero dei punti di ricarica pubblici, rappresentati dalle barre azzurre (quelli a bassa potenza) e rosse (quelli veloci). Questi valori, sull’ordinata di destra, *non sono riportati in assoluto*, ma rapportati al numero di abitanti del paese. Sempre nella stessa figura, con i cerchietti bianchi sono riportate le percentuali delle vendite dei VE rispetto al totale veicoli.

Si vede che nei paesi con la più alta diffusione di colonnine come: Norvegia, Olanda, Svizzera, Austria e Danimarca, la vendita dei VE non risente affatto di questa diffusione, con eccezione della sola Norvegia. Anche osservando i due più grandi paesi: Stati Uniti e Cina, questa relazione, tra colonnine e VE venduti, sembra non esistere. Infatti, pur avendo la stessa diffusione di colonnine, la Cina vende in proporzione, il doppio degli Stati Uniti pur essendo un paese meno ricco.

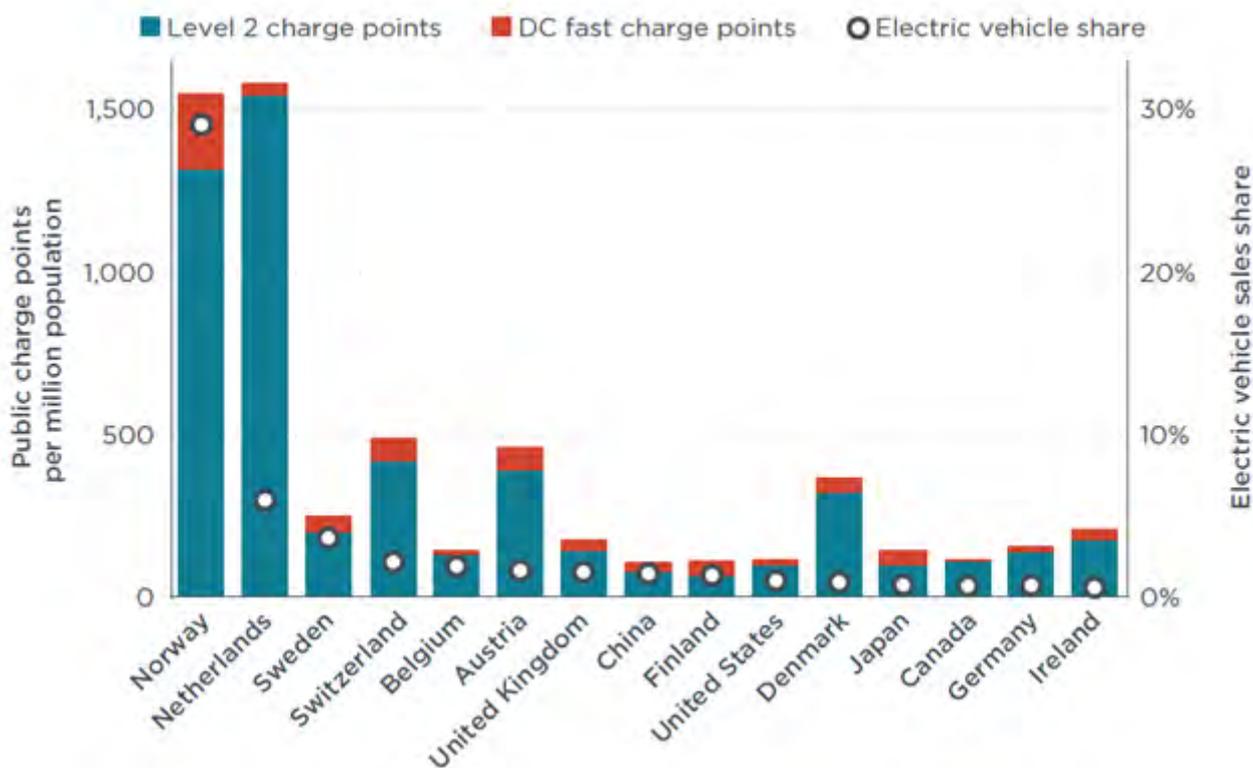


Figura 1. Diffusione dei punti pubblici di ricarica (barre, con ordinata a sinistra) a confronto con la percentuale di vendite dei VE (cerchietto, con ordinata a destra)

Per venire incontro ai problemi di ricarica, si sta comunque diffondendo l’interesse per la ricarica del VE da un altro VE. Uno dei diversi motivi è quello di alleviare il problema della range-anxiety [4]. In letteratura, questo scambio di carica è identificato come V2V (Vehicle to Vehicle). In [5] [6] vengono descritti diversi aspetti ad esso connessi come ad esempio quello di gestire le comunicazioni riguardanti lo stato dei VE della rete [7] alla loro autenticazione durante lo scambio [8] o il protocollo di comunicazione durante questa fase [9] [10] [11]. Più in generale per quanto riguarda l’applicazione di trasferimenti di energia da reti mobili, quindi comprese le reti costituite dai VE, c’è un crescente interesse accademico e industriale [4] [12] [13] [14]. Altri studi sul V2V sono condotti al fine di sfruttare al meglio l’energia rinnovabile prodotta autonomamente in casa [15]. Questa modalità di ricarica non è affatto semplice teoria infatti sono già disponibili kit da montare sul veicolo, per consentire di cedere la carica in DC in modalità veloce [16].

Oltre ai luoghi occasionali, dove questo scambio può avvenire, si sono ritenuti molto interessanti, per il V2V, i posti di lavoro o i parcheggi di scambio dove il veicolo si reca con un’elevata frequenza e vi rimane anche per diverse ore.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

Volendo proporre il V2V, si è riscontrato che la diffusione dei VE è così bassa, che è poco probabile trovarne due parcheggiati in un generico luogo, nelle stesse ore e con esigenze opposte tali da scambiarsi un quantitativo di carica. Diversamente la probabilità di trovare VE con queste condizioni è certamente più alta se si considera un parcheggio di scambio (PdS) o un parcheggio di lavoro.

Nell'attività svolta si è puntato sui parcheggi di scambio perché volendo lavorare con un ampio numero di dati c'era la possibilità di avere un maggior numero di scelte. Il parcheggio scelto è quello di Anagnina nella zona sud di Roma. Si è quindi verificata la congruenza tra i dati presentati dal comune di Roma (provenienti da sondaggi) con quelli a disposizione dell'Enea, provenienti da tracciati veicolari.

Dai dati veicolari a disposizione si sono selezionati i veicoli con sosta in Anagnina e se ne è quindi studiato il comportamento. Ipotizzando di trasformare tutti questi veicoli in VE, si è fatta l'ipotesi di considerare alcuni di questi senza ricarica casalinga. Per questi veicoli quindi c'è la possibilità di provvedere a questa mancanza sfruttando il PdS ed assicurarsi una ricarica di base fatta con un'assidua frequenza.

Quindi si sono selezionati i veicoli con le frequenze più elevate, al parcheggio di Anagnina, da considerare come veicoli con ricarica fissa in questo luogo. Diversamente, gli altri veicoli sono quelli che mettono a disposizione l'energia, compatibilmente con le loro esigenze di viaggio.

Per le soste al parcheggio si sono determinate diverse informazioni tra cui: tipo di sosta (casa, lavoro,...), distanza da casa, destinazione (sosta successiva), numero di veicoli contemporaneamente presenti.

Da queste informazioni si sono ricavati i quantitativi di energia richiesta e quella disponibile. Le informazioni sono presentate in modo da valutare se lo scambio è compatibile in base all'orario della domanda e dell'offerta. Inoltre si è valutato se la scelta della potenza minima di lavoro è congrua per le esigenze di scambio.

2.1 *Dati disponibili.*

I dati utilizzati per la presente attività sono quelli derivanti dal monitoraggio veicolare e acquistati dalla compagnia Octo Telematics [17], società operante nel settore delle assicurazioni.

I dati disponibili sono relativi agli spostamenti di 30.396 veicoli, immatricolati nella provincia di Roma, e monitorati per l'intero anno 2013. La consistenza del campione è di oltre 430 milioni di records, ognuno dei quali contiene tutte le informazioni di un punto di registrazione.

Per ulteriori dettagli sui dati campione si rimanda a [18] dove è possibile avere informazioni anche sul comportamento di questi veicoli.

Per quanto riguarda i dati utilizzati, estratti da quelli disponibili, si trova che le soste nel PdS, per l'intero anno, sono 12.198 con 1.438 veicoli interessati.

2.2 *Scelta del parcheggio di scambio.*

Nell'affrontare la scelta del PdS, in Tabella 2, si sono considerati i dati forniti dall'azienda municipale dei trasporti di Roma [19]. Tra i parcheggi elencati si è scelto quello di Anagnina per 2 motivi, perché con i suoi 1.883 posti (dati dalla somma delle 3 aree) è il più grande e anche perché essendo adiacente al GRA, all'incrocio con la Tuscolana, è proprio sulla linea di confine tra chi risiede in città e chi proviene da fuori.

In questo parcheggio, costituito da più aree, alcune sono gratuite altre, come quella multipiano sono a pagamento e soggette ad orario. Dal lunedì al venerdì il parcheggio rimane chiuso dalle 00.15 alle 5.15, mentre per il sabato e la domenica l'orario di chiusura si riduce dalle 02.15 alle 5.15.

In Figura 2 è mostrata una vista dall'alto del PdS, delimitato in basso a sinistra dalla statale Tuscolana. Al suo interno sono visibili le fermate degli autobus urbani ed extra-urbani

Tabella 2. Parcheggi di scambio di Roma Capitale

Parcheggio di scambio	Tipologia	Posti auto	Posti auto disabili	Interscambio con il trasporto pubblico
Parcheggi con personale fisso				
Anagnina A e C	multipiano	1.460	35	Metro A e linee di superficie
Anagnina B	a raso	295	6	Metro A e linee di superficie
Arco di Travertino	multipiano	997	n.d.	Metro A e linee di superficie
Cinecittà	multipiano	570	22	Metro A e linee di superficie
La Giustiniana	a raso	231	5	FM3 e linee di superficie
La Storta	a raso	478	11	FM3 e linee di superficie
Laurentina	multipiano	1.241	27	Metro B e linee di superficie
Magliana	multipiano	942	20	Metro B, Roma-Lido e linee di superficie
Montebello	a raso	342	8	Roma- Viterbo e linee di superficie
Ponte Mammolo 1	modulare	1299	18	Metro B e linee di superficie
Stazione S. Pietro	interrato	142	6	FM3, FM5 e linee di superficie
Villa Bonelli	a raso	324	5	FM1 e linee di superficie
Parcheggi senza personale fisso				
Anagnina*	a raso	128	6	Metro A e linee di superficie
Angelo Emo*	a raso	122	4	Metro A, FM3 e linee di superficie
Cipro	a raso	279	5	Metro A e linee di superficie
Elio Rufino	a raso	123	4	linee di superficie
Grotte Celoni	a raso	520	12	Futura linea C e linee di superficie
La Celsa	a raso	121	4	Roma- Viterbo e linee di superficie
Labaro	a raso	205	4	Roma- Viterbo e linee di superficie
Mattia Battistini	a raso	169	8	Metro A e linee di superficie
Nomentana	a raso	101	4	FM1 e linee di superficie
Nuovo Salario	modulare	222	-	FM1 e linee di superficie
Ostiense ad. Magliana	a raso	148	3	Metro B, Roma-Lido e linee di superficie
Palmiro Togliatti	a raso	419	-	Metro B e linee di superficie
Ponte Mammolo 2	a raso	261	10	Metro B e linee di superficie
Rebibbia 1	a raso	455	10	Metro B e linee di superficie
Rebibbia 2	a raso	131	5	Metro B e linee di superficie
S. Maria del Soccorso	a raso	558	17	Metro B e linee di superficie
Saxa Rubra	a raso	493	6	FM3, FM5 e linee di superficie
Stazione Tiburtina	a raso	97	3	Metro B, FM1 e linee di superficie
Vitinia	a raso	146	4	Roma-Lido e linee di superficie

(*): sosta notturna

Fonte: elaborazioni ASPL Roma Capitale su dati Atac



Figura 2. Parcheggio di scambio di Anagnina confinante con la via Tuscolana

Per questo PdS sono mostrati, nella Figura 3, i profili storici del numero delle visite giornaliere per i 7 giorni della settimana, secondo quanto riportato da Google [20].

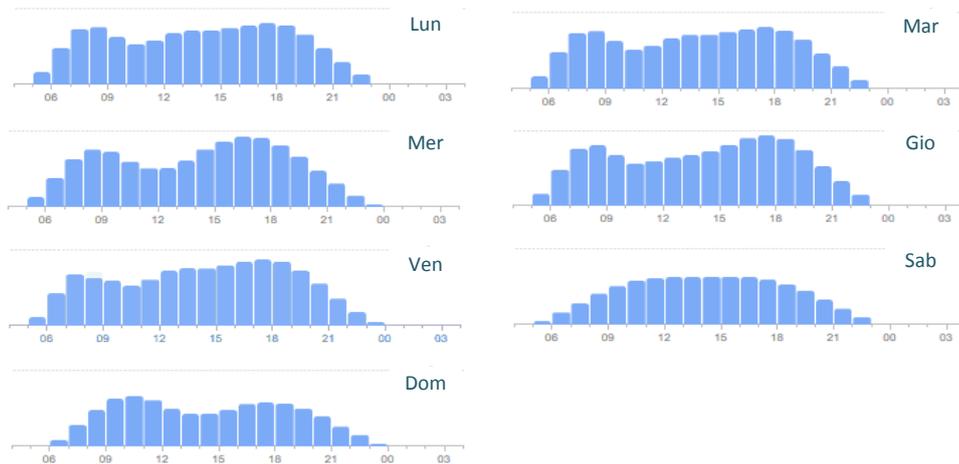


Figura 3. Profili medi degli accessi al PdS di Anagnina presentati da Google [20] il 27.10.2017

Il rapporto sui parcheggi di scambio del comune di Roma è datato maggio 2014, ma le indagini sono state condotte nel periodo compreso tra il 3 ottobre ed il 4 novembre 2013, attraverso l'impiego di diversi rilevatori, che, in orari e giorni prestabiliti, si sono recati per quattro volte presso ciascuno dei 31 parcheggi di scambio (per un totale quindi di 124 visite effettuate) ed un totale di 1.100 interviste.

In questo rapporto viene evidenziata la provenienza degli utenti nei 4 parcheggi di scambio, come riportato in Figura 4, che comprende anche quello di Anagnina ma limitato ai soli multipiano A e C per un totale di 1.460 posti.

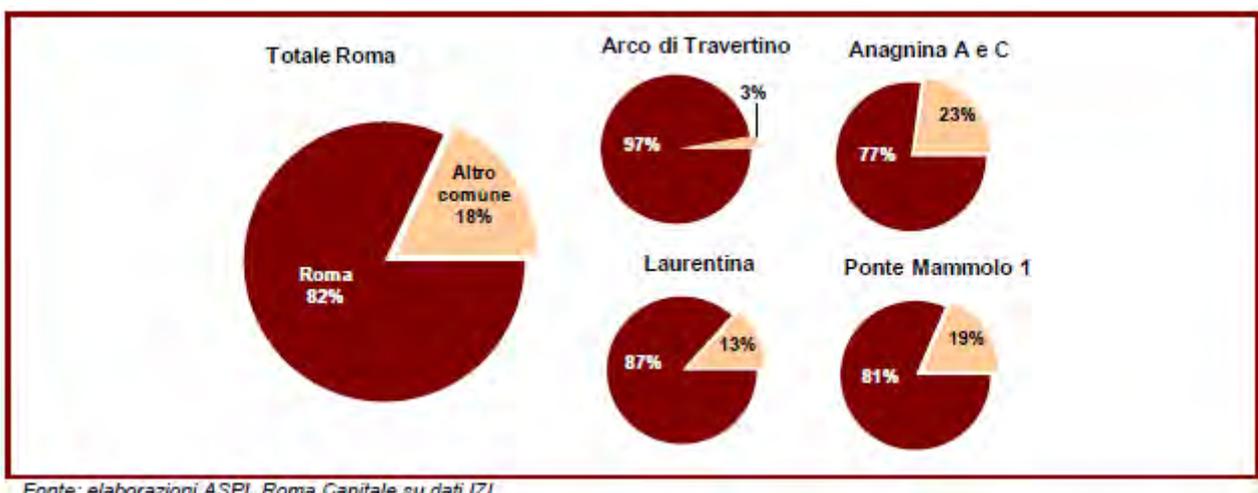


Figura 4. Comune di provenienza degli utilizzatori per 4 parcheggi di scambio di Roma

La più alta percentuale degli utenti proveniente dagli altri comuni si concentra ad Anagnina, che essendo adiacente al GRA (Grande Raccordo Anulare), è il più distante dal centro. Al contrario il PdS dell'Arco di

Travertino ha una presenza quasi nulla di utenti extra-urbani, perché, è quello più interno dei 4 parcheggi mostrati.

Poiché i dati a disposizione del campione Octo Telematics [17] sono dello stesso periodo, ricoprendo però un intervallo più ampio, si è voluto presentare un confronto. Nella Figura 5 sono mostrati i veicoli provenienti dal comune di Roma che risultano pari al 62,2 %. Questi sono stati suddivisi tra quelli provenienti dall'interno del GRA (54,5%) e dal suo esterno (7,7%). Le provenienze dagli altri comuni sono il 37,8 %. Anche in questo caso questa percentuale si è suddivisa in due mettendo in risalto quella di provenienza da Grottaferrata (8,4%) che rappresenta il comune più rappresentativo tra quelli esterni.

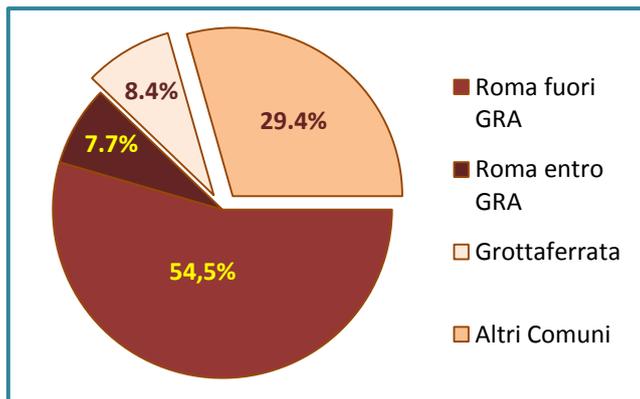
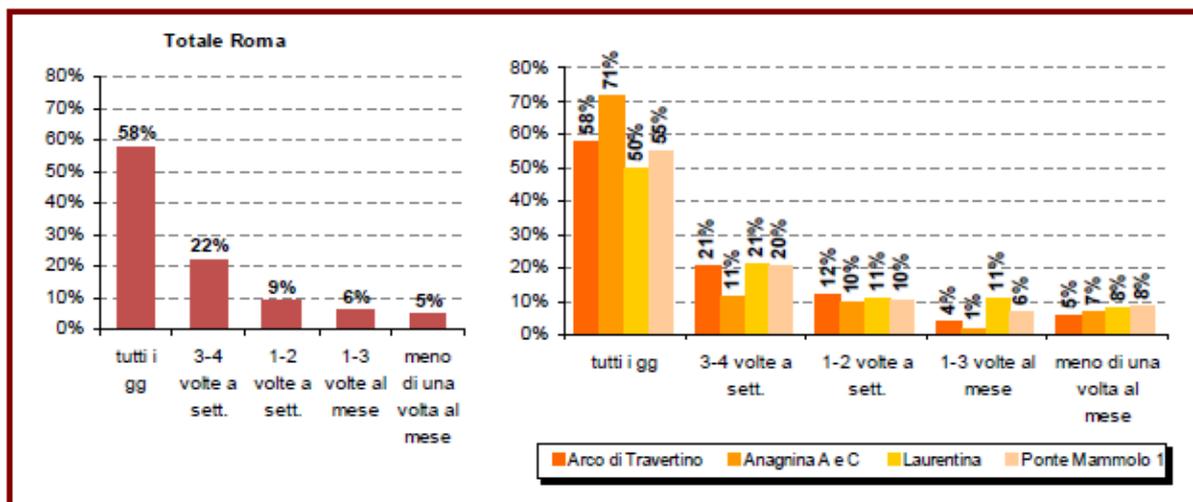


Figura 5. Comune di provenienza degli utilizzatori del Pds di Anagnina dai dati Octo Telematics

La differenza riscontrata sulle percentuali, tra i dati forniti dal comune di Roma, e quelli provenienti dai dati Octo Telematics, è del tutto accettabile considerando la diversa natura di provenienza dei dati. Inoltre, dei dati del comune di Roma, provenienti dai 31 parcheggi, solo una parte delle 1.100 interviste considerate è relativa al parcheggio di Anagnina. Diversamente i 1.438 veicoli, del campione Octo Telematics, determinano ben 12.198 soste esclusive per questo parcheggio.

Altre informazioni fornite sui parcheggi di scambio sono la frequenza di utilizzo in Figura 6 e la motivazione di utilizzo, in Figura 7. In quest'ultimo caso risulta che la ragione principale è la convenienza economica.



Fonte: elaborazioni ASPL Roma Capitale su dati IZI

Figura 6. Frequenza di utilizzo dei Pds di Roma.

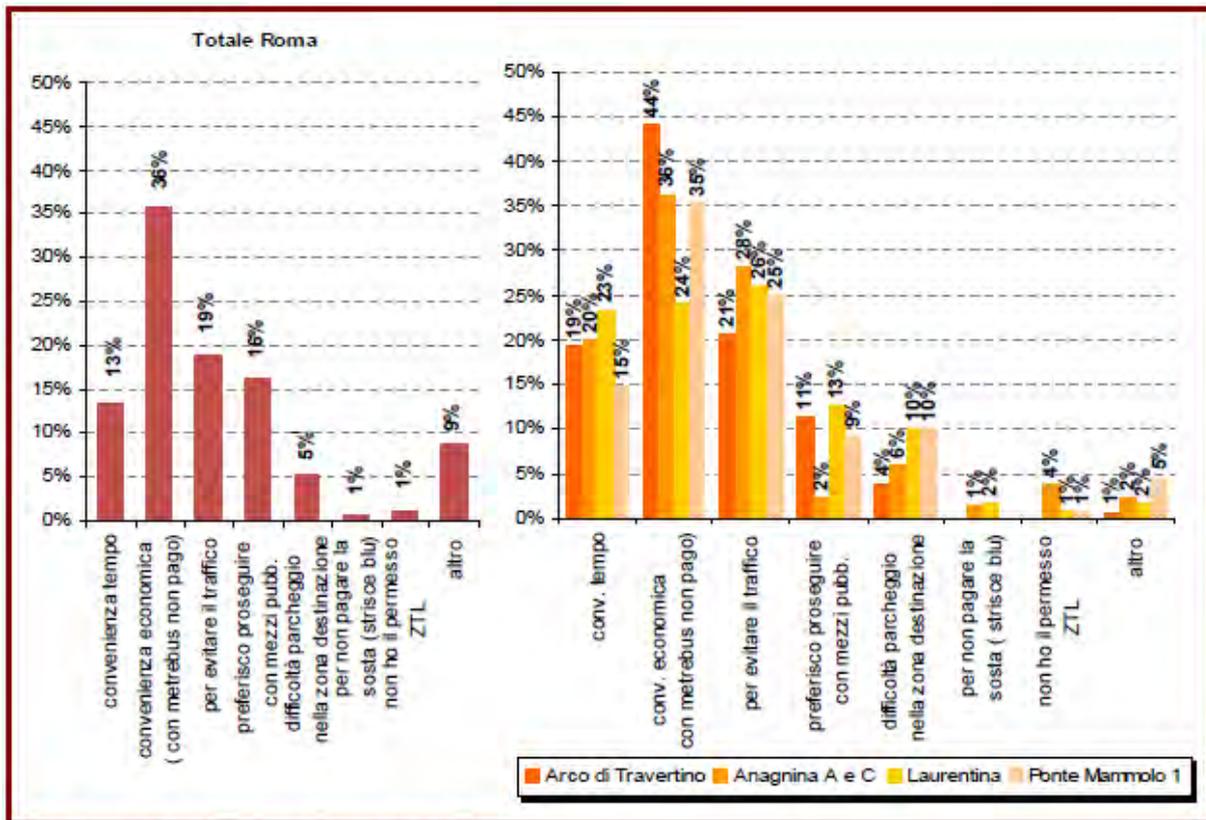


Figura 7. Motivazione di utilizzo dei Pds di Roma.

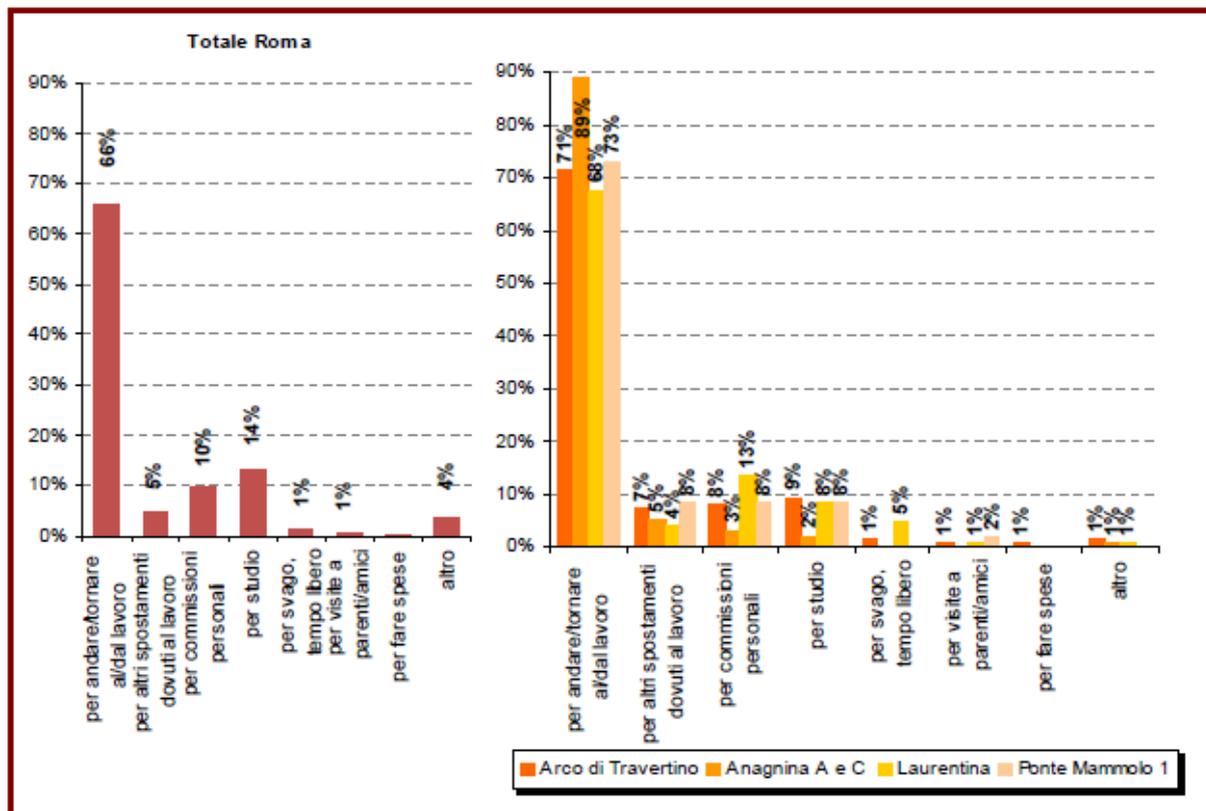
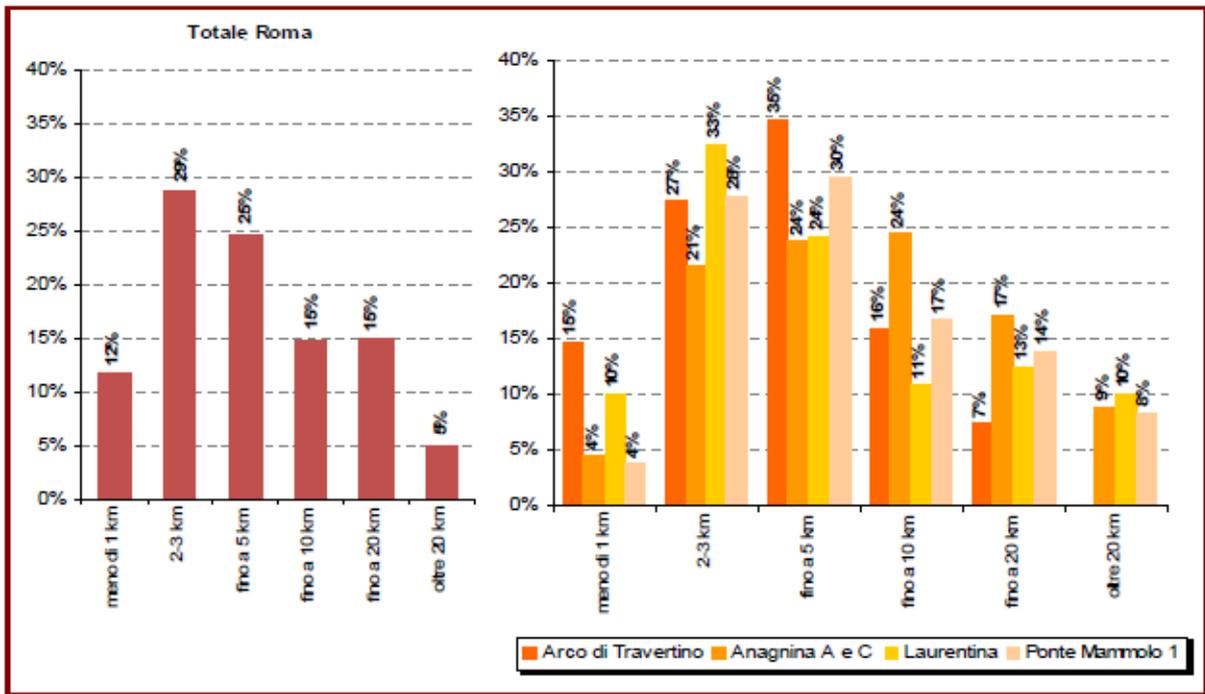


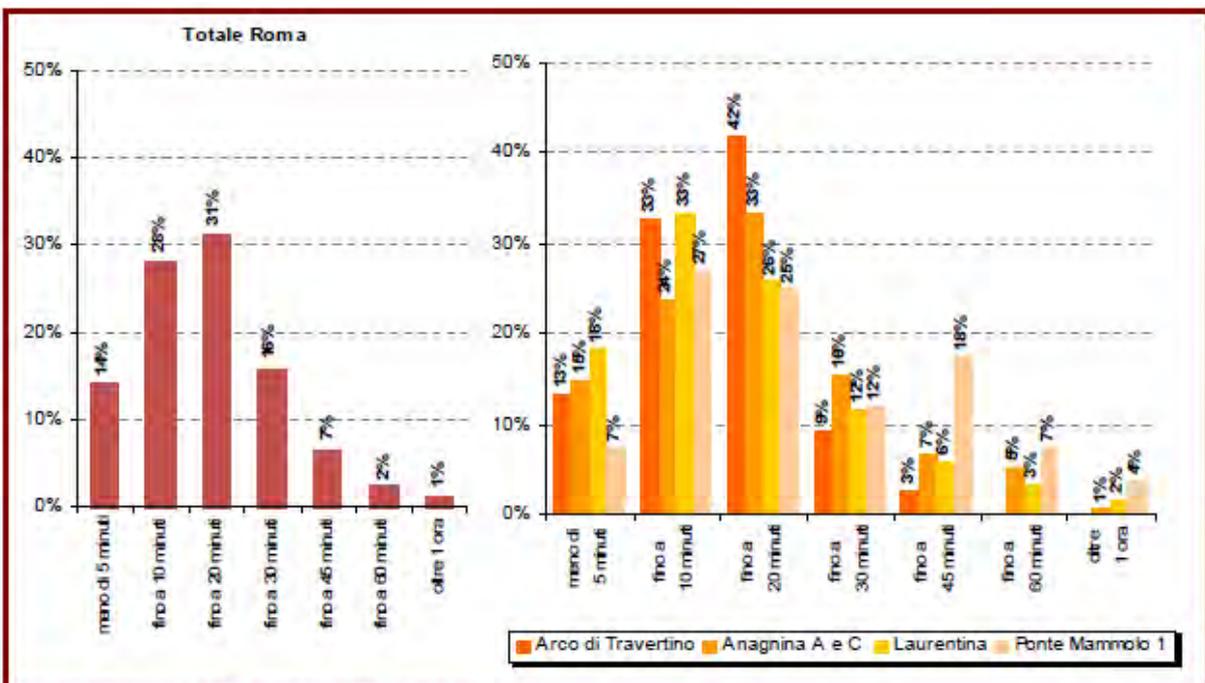
Figura 8. Motivo dello spostamento degli utilizzatori dei Pds di Roma.



Fonte: elaborazioni ASPL Roma Capitale su dati IZI

Figura 9. Distanza per raggiungere i Pds di Roma

In Figura 8 sono riportati i motivi dello spostamento dove risulta che per i due terzi è connesso all'attività lavorativa. Infine negli ultimi due grafici si riporta la distanza, Figura 9, ed il tempo impiegato, Figura 10, per raggiungere il Pds. Per Anagnina i valori massimi si riscontrano sulle distanze tra 5-10 km e sui tempi tra 10-20 minuti.



Fonte: elaborazioni ASPL Roma Capitale su dati IZI

Figura 10. Tempo impiegato per raggiungere il Pds di Roma

2.3 Comportamento dei dati campione ad Anagnina

Per poter considerare lo scambio di energia tra veicoli occorre entrare più nel dettaglio e conoscere la natura delle soste. Per questo lavoro è importante conoscere la durata della sosta perché più è lunga, più aumenta la flessibilità operativa nel cedere/ricevere energia ed in particolare influenza la scelta di potenza di lavoro. In Figura 11 ogni punto rappresenta una sosta con orario di inizio sosta riportato in ascissa e durata in ordinata, relativa all'intero anno. Si fa notare che la proiezione in diagonale del punto sosta, come la freccia F, individua l'orario di fine sosta. Dalla Figura 11 si vede che c'è una consistente percentuale di soste di lunga durata che iniziano in prima mattinata. Si vede che le soste di breve durata sono abbastanza diffuse e prevalentemente dovute alla casualità di chi usa il parcheggio saltuariamente. Mentre le soste di lunga durata si raccolgono in dense nuvole molto spesso associate allo stesso veicolo e che quindi sono sinonimo di ripetitività.

L'addensamento in nuvole indica che queste soste sono soggette a vincoli più o meno forti. Tendenzialmente quelle che si allungano in verticale sono maggiormente legate all'orario di arrivo al parcheggio, condizionato dall'ora di inizio attività mentre quelle che si allungano in diagonale sono legate all'orario di fine sosta condizionato dall'ora di fine attività. Ad esempio le diverse nuvole contenute in A sono legate all'apertura della metro, mentre la nuvola in B, tenendo conto dei tempi viaggio per raggiungere il lavoro dal PdS, è condizionata da un'attività lavorativa che inizia alle 8,00 e che termina tra le 16,30 e le 17,00. Per alcune nuvole, come la C e la D, l'esile spessore in diagonale indica una condizione molto più forte infatti l'orario di fine sosta oltre che dall'orario di uscita del lavoro è condizionato anche dagli arrivi della metro che a quell'ora (22.00-23.00) sono molto meno frequenti.

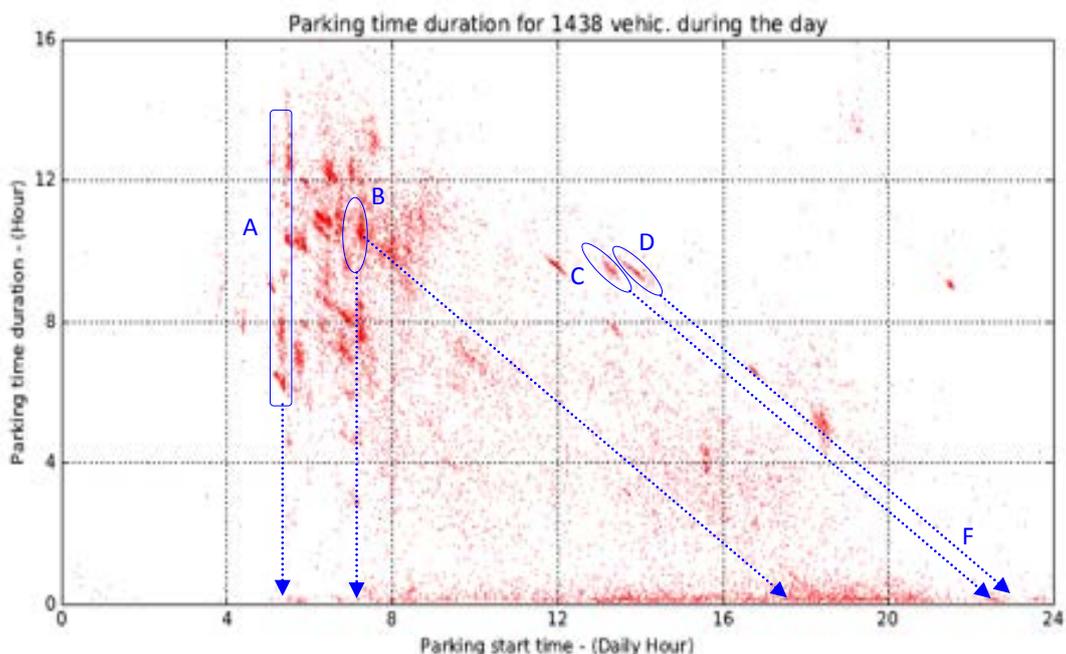


Figura 11. Soste giornaliere per l'intero anno

Delle soste presenti in figura si decide di eliminare quelle al disotto di un'ora perché non sono d'interesse per le ricariche e nello stesso tempo non sono legate all'utilizzo dei mezzi pubblici. Come ad esempio quelle fatte per accompagnare o riprendere il figlio alla metro o per altri motivi.

Con questo filtro le soste diminuiscono da 12.198 a 10.174 mentre per i veicoli la diminuzione scende da 1.438 a 969 ed è percentualmente più consistente. D'altra parte un PdS è anche un luogo di appuntamento tra persone che si incontrano provenienti, chi con la macchina, chi con mezzi pubblici. Quindi l'eliminazione di questa grossa percentuale di veicoli era assolutamente necessaria.

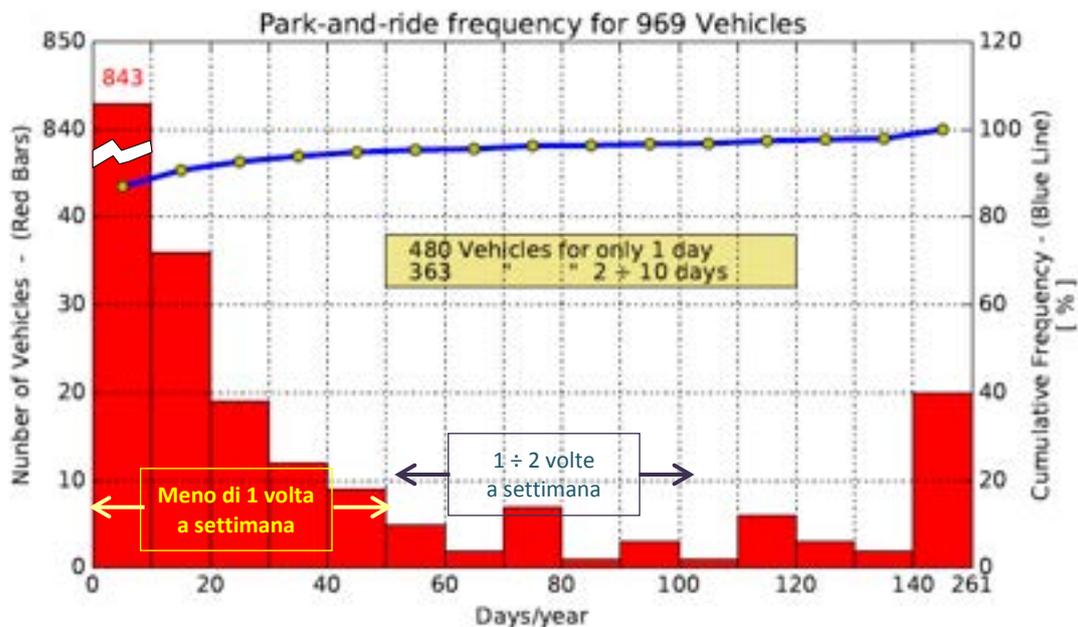


Figura 12. Frequenza delle soste (barre rosse) per i 969 veicoli. La curva in azzurra, con ordinata a destra, rappresenta la frequenza cumulata.

Nell'analisi della frequenza delle soste (Figura 12) si vede che, dei 969 veicoli, ben 480 hanno una sola sosta e quelli con massimo 10 soste sono 843 mentre i più assidui con più di 140 soste sono solo 20.

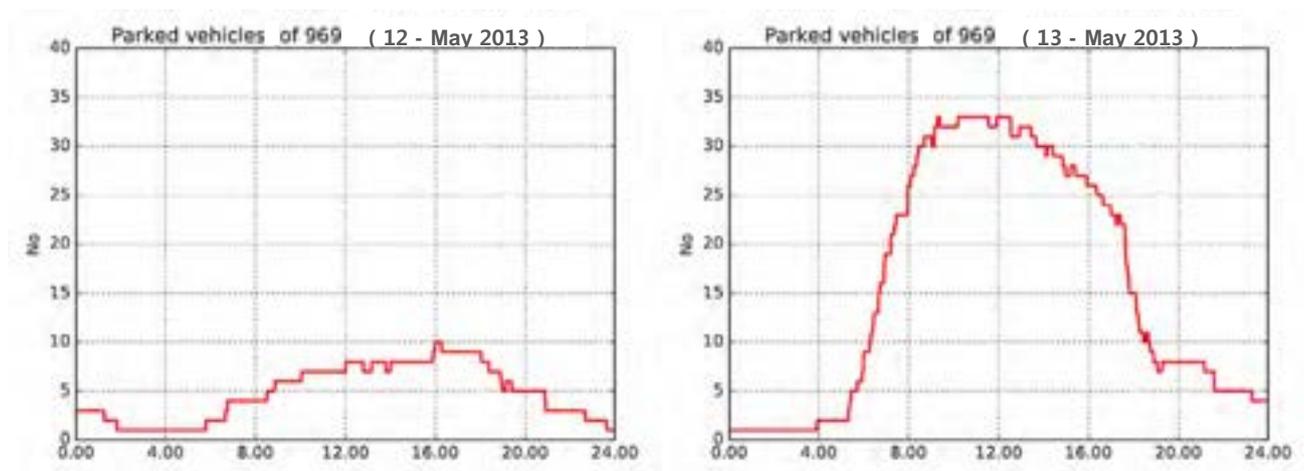


Figura 13. Numero di veicoli campione in sosta, nel PdS di Anagnina, nei 2 giorni di maggio: la domenica 12 (sinistra) e il lunedì 13 (destra).

Per capire come si distribuiscono le soste nel tempo in Figura 13 è riportato l'andamento del numero dei veicoli che si trovano nel parcheggio nelle diverse ore giornaliere, per un giorno festivo a sinistra (domenica 12 maggio) e uno feriale a destra (lunedì 13 maggio). Diversamente nella Figura 14, l'osservazione si estende per l'intero mese di maggio e di novembre. Come si vede dai grafici mensili, pur con evidenti variazioni, l'andamento settimanale è abbastanza ripetitivo.

Nello studio preliminare dei dati, si riscontra che molte soste si ripetono sistematicamente nelle stesse posizioni e con orari ricorrenti. Si è pertanto ritenuto utile classificarle in base sia alla posizione e sia all'orario come riportato in Tabella 3

Tabella 3. Codici assegnati al tipo di sosta

Orario	Non classificata	CASA			Lavoro			Ripetute <15 min	
		Prima	Seconda	Altre	Sede princ.		Altre sedi		
					Da 1° Casa e 1° Viaggio	Altri casi	Da 1° Casa e 1° Viaggio	Altri casi	
Giorno	0	10	20	30					
Notte	1	11	21	31					
Intero giorno					41	40	51	50	60

Per ogni veicolo le posizioni ricorrenti considerate sono: prima casa ed eventuali alle altre abitazioni se presenti, sede principale del lavoro (o attività assimilabile) ed eventuali sedi secondarie se presenti, soste ripetitive di durata fino a 15 minuti (usualmente fatte ad esempio: per accompagnare i figli a scuola o alla fermata del treno, per fare rifornimento o altro). Le rimanenti soste sono definite come "non classificate".

Per quanto riguarda la classificazione oraria si è usata la suddivisione tra giorno e notte, ma solo per le soste "a casa" e "non classificate". In realtà anche per la sosta di lavoro viene fatta una distinzione oraria. In questo caso si distingue se si tratta del primo viaggio della giornata per recarsi al lavoro e con partenza dalla prima casa. L'elenco completo dei codici usati, compreso tra 0 e 60, è in Tabella 3.

La conoscenza del codice sosta permette di conoscere il motivo di quelle effettuate al PdS di Anagnina, come mostrato dal grafico di Figura 15, per il giorno 13 maggio. Si osserva che le soste più ricorrenti sono le 40 e 41 che denotano una sosta di lavoro (o assimilabile) nella sede principale.

La più ricorrente, delle due, è la 41 che indica la provenienza dalla prima casa con primo ingresso giornaliero al lavoro.

Nulla stesso grafico, è possibile associare al tipo di sosta la relativa durata, rappresentata dalla linea azzurra, la cui ordinata è riportata a destra.

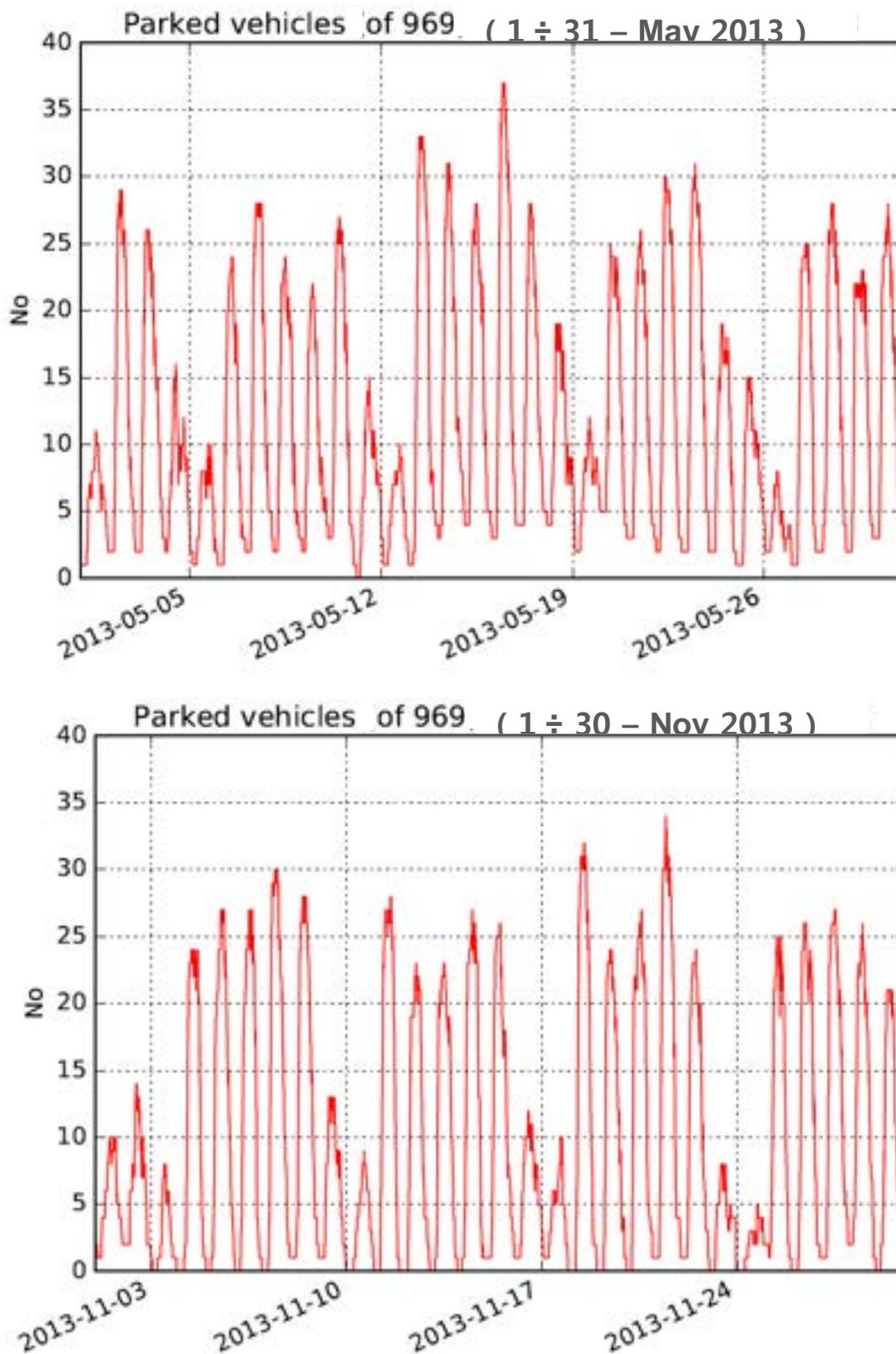


Figura 14. Numero di veicoli campione in sosta, nel parcheggio di Anagnina, durante il mese di maggio e di novembre. Le date sono riportate in corrispondenza della Domenica.

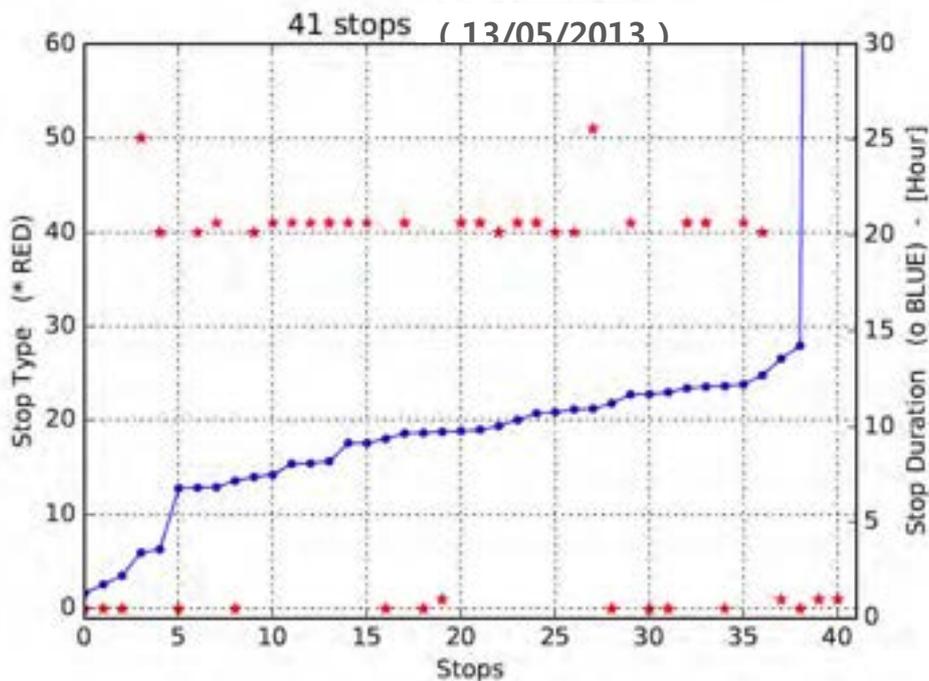


Figura 15. L'asterisco rosso rappresenta il tipo di sosta ad Anagnina. La curva azzurra, con ordinata a destra, rappresenta la durata sosta ad Anagnina.

Per indagare dove vanno i veicoli che lasciano il PdS, si riporta, in Figura 16, il tipo sosta riferita però a quella successiva al PdS. Si nota che ora la sosta più ricorrente è verso la prima casa e fatta prevalentemente durante il giorno e non per il pernottamento. E' interessante notare che il numero di soste fatte al difuori della casa è veramente modesto.

La curva azzurra, che compare in questo grafico, è la stessa della durata sosta del grafico superiore.

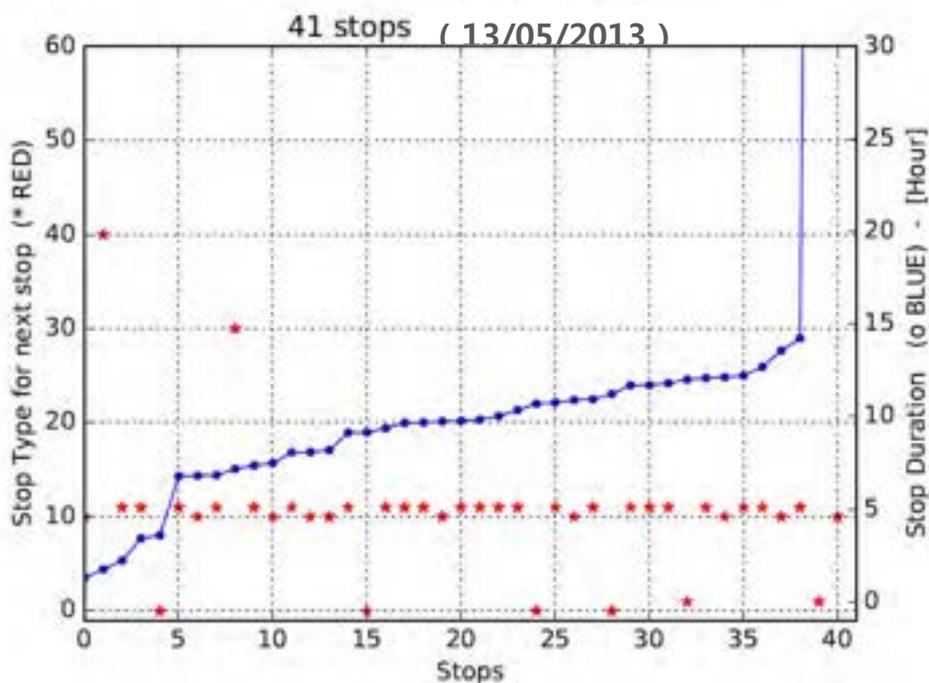


Figura 16. L'asterisco rosso rappresenta il tipo di sosta per quella successiva alla sosta del PdS. La curva azzurra rappresenta la durata sosta ad Anagnina.

Si è riscontrato che non sono rare le soste inferiori ai 15 minuti effettuate da veicoli che si recano in questo PdS per accompagnare, ma soprattutto per riprendere qualcuno alla stazione della metro. Queste soste però, come detto in precedenza non sono visibili perché per motivi di interesse sono state tagliate.

Indipendentemente dal sapere dove va il veicolo che esce dal PdS, la cosa più importante per un VE è sapere quanti km mancano per raggiungere casa. Quest'informazione è data dalla Figura 17, dove si vede che per il 13 maggio i veicoli che lasciano Anagnina percorrono, salvo un'eccezione, meno di 40 km per raggiungere casa, sia direttamente con un viaggio, sia indirettamente con più viaggi. Comunque la gran parte dei veicoli richiede meno di 20 km.

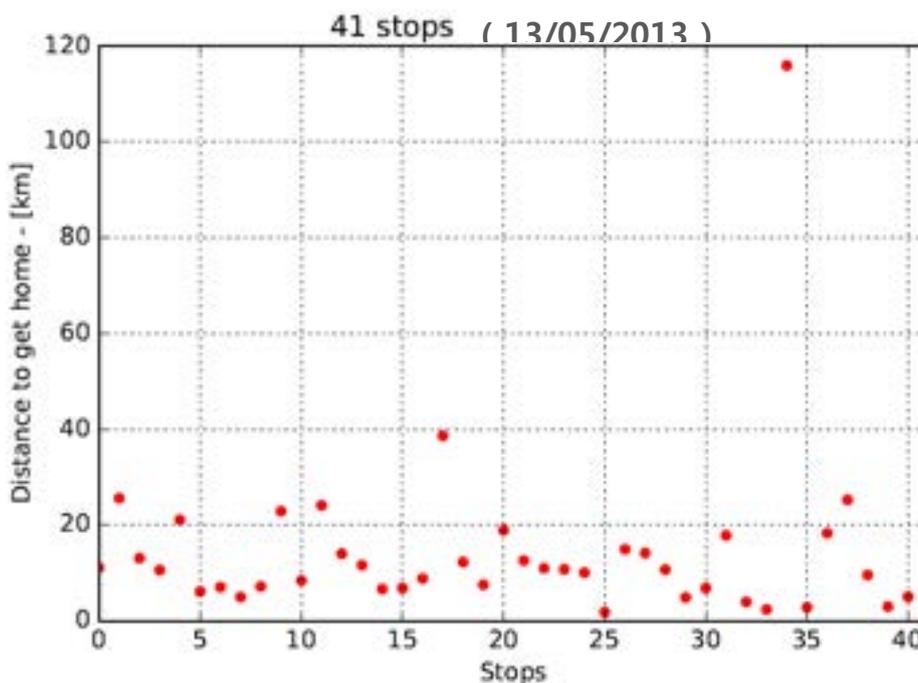


Figura 17. Distanza per raggiungere casa, con uno o più viaggi, dopo la sosta di Anagnina.

Per avere un'informazione migliore di quella che si può ottenere dall'osservazione di un solo giorno, in Figura 18 si rappresenta la mappa di identità della residenza dei 1.438 veicoli che almeno 1 volta, in un anno, hanno parcheggiato ad Anagnina. L'intensità del colore è proporzionale alla densità del numero dei veicoli residenti in ciascun esagono.

2.4 Andamenti degli scambi di energia

Da quanto detto fin qui si capisce che il V2V in questo PdS ha buone prospettive per essere applicato perché ci sono soste lunghe e la distanza, per raggiungere casa, è modesta.

Per poter approcciare un utilizzo del V2G, occorre dividere i veicoli utilizzatori di questo PdS in 2 gruppi: VE che richiedono energia e VE che la cedono. Per i richiedenti, si fa l'ipotesi che siano quelli che non hanno la possibilità di ricaricarsi in casa. Pertanto dei 969 veicoli disponibili si sono selezionati quelli con un'assidua frequenza, tali da potersi garantire in questo PdS una regolare ricarica. Poiché si è visto in [18] che mediamente durante l'anno la percorrenza media giornaliera di un veicolo oscilla da un minimo di 35 ad un massimo di 70 km in agosto, si sono scelti veicoli con almeno 3 soste a settimana in modo che ricaricando con questa frequenza riescano a garantirsi la quasi totalità delle percorrenze. I veicoli individuati con queste frequenze sono i 17 mostrati in Figura 19 ed hanno residenze che distano meno di 20 km dal PdS.

Per questi veicoli si ipotizza l'arrivo al PdS con una carica relativamente bassa pari al 30% del SOC, ossia appena superiore al livello di riserva.

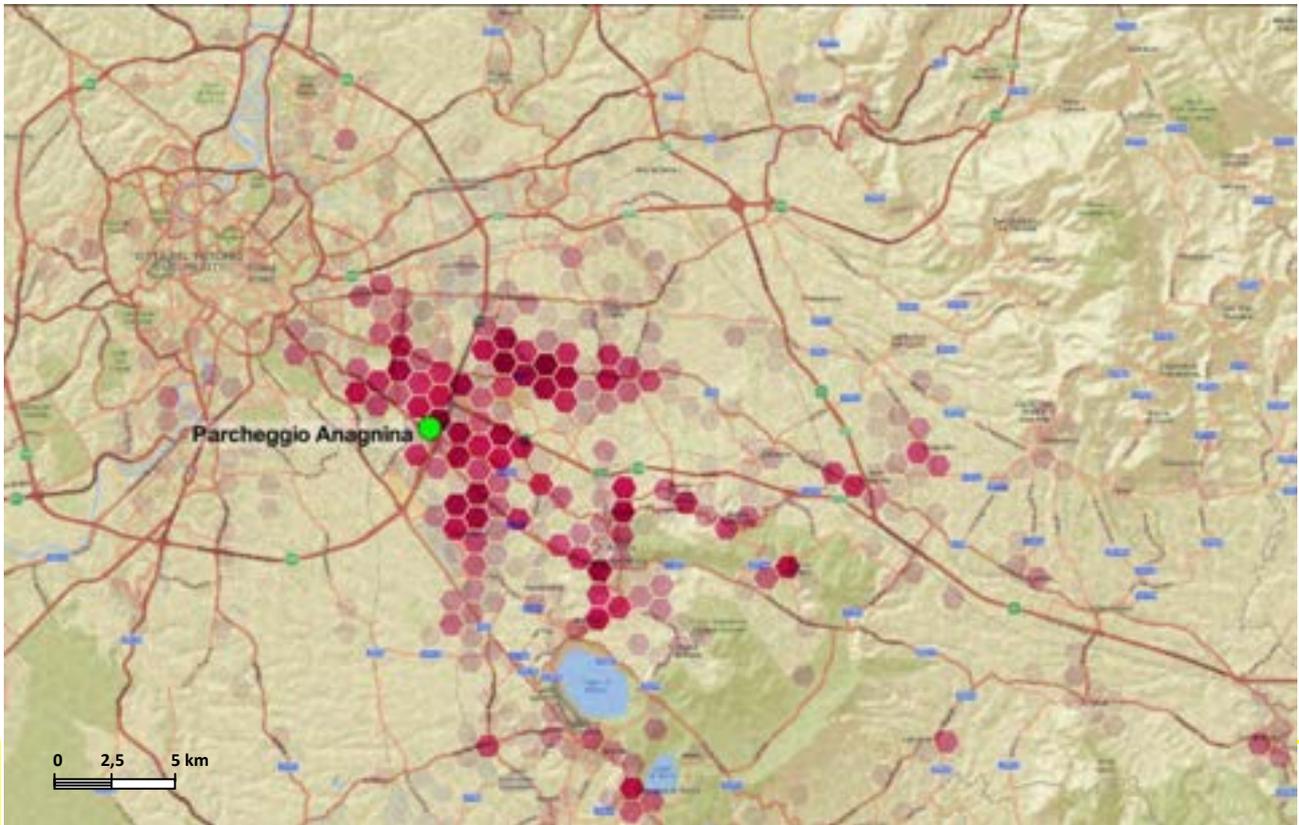


Figura 18. Distribuzione, sul territorio, delle residenze degli utilizzatori del PdS di Anagnina (in verde). L'intensità del colore è proporzionale alla densità dei residenti nelle aree esagonali.

I rimanenti veicoli, appartenenti all'altro gruppo, sono quelli in grado di cedere energia. In questo caso si simula la storia del veicolo con ricariche di base a casa e scariche in base ai consumi chilometrici. Sono consentite ricariche veloci, all'80% del SOC solo nei rari casi che la ricarica di base non sia sufficiente, come considerato in [21]. Il veicolo considerato per la simulazione è la Nissan Leaf i cui parametri usati [22] sono riportati in Tabella 4.

Tabella 4. Valori usati per il VE e per la gestione della ricarica.

Veicolo	Batteria	30	kWh
	Consumo NEDC	150	Wh/km
	SOC minimo	20	%
	SOC di riserva	25	%
	Autonomia*	200 [160]	km
Ricarica	Potenza	3	kW
	Rendimento	0,95	%
	Inizio ricarica al PdS (per chi ricarica)	9	kWh
	Minima carica (quando ritorna a casa)	7,5	kWh

* Il valore tra parentesi si riferisce ad un utilizzo del solo 80% della batteria

I consumi riportati non sono quelli della casa costruttrice ma quelli basati sul ciclo di consumo NEDC [23]. L'autonomia, riportata in parentesi, è quello ottenibile usando l'80% della batteria. Sempre nella stessa tabella sono riportate le prestazioni di utilizzo del veicolo che si ricarica a casa. Il veicolo non si fa scendere mai sotto il SOC minimo.

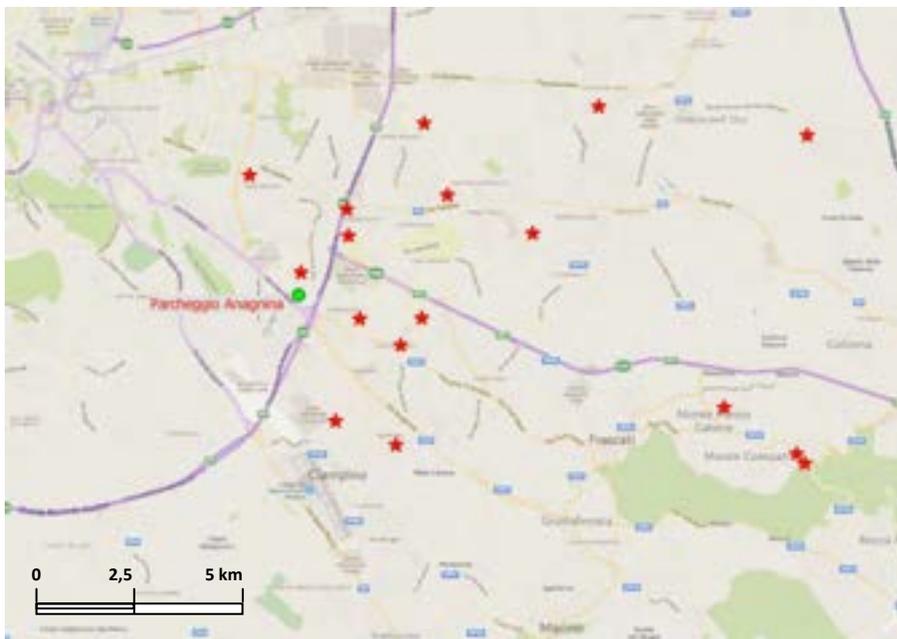


Figura 19. Mappa delle residenze dei 17 veicoli che vanno ad Anagnina almeno 3 volte a settimana.

Per quanto riguarda le prestazioni di lavoro, nello scambio di energia tra i VE, nel realizzare il V2V non è necessario ricorrere a potenze elevate e pertanto si usano le identiche prestazioni della ricarica fissa riportate in Tabella 4.

Quindi conoscendo nel PdS il SOC della batteria, per tutti i veicoli, è facile determinare l'energia ceduta.

Si stabilisce che il veicolo deve essere in grado di tornare a casa con 7,5 kWh, ossia con un minimo di riserva sopra il SOC minimo. Tutta l'energia in più viene messa a disposizione per essere ceduta.

Sempre per i veicoli che cedono energia è consentito arrivare a casa al disotto dei 7,5 kWh purché il SOC rimanga entro il 20%. Se queste condizioni non vengono soddisfatte anche i veicoli di questo gruppo richiedono la carica.

In Figura 20, ad esempio sono riportati i risultati ottenuti per il lunedì 13 maggio. In magenta, con frecce rivolte verso l'alto si rappresentano le ricariche di tutti i veicoli che non dispongono di caricabatteria a casa e che partono da una carica iniziale di 9 kWh (30% Soc).

La freccia magenta, in corrispondenza del veicolo 34, che diversamente inizia da una carica di 18 kWh fa invece parte dei veicoli che hanno la ricarica a casa. Purtroppo la carica di questo veicolo al PdS non è sufficiente per completare i suoi percorsi programmati fino al raggiungimento di casa, quindi necessita di ricarica.

Tutti i rimanenti veicoli, che possiedono la ricarica in casa, sono in grado di cedere energia. La freccia gialla inizia con la carica di arrivo al parcheggio, mentre la sua lunghezza rappresenta il quantitativo di energia cedibile agli altri VE. La freccia verde rappresenta l'energia per arrivare a casa, con uno o più viaggi. Anche in questa figura, come sottofondo, è riportata la curva azzurra che rappresenta la durata sosta i cui valori sono leggibili sull'ordinata di destra.

Questo grafico è ottimo per giudicare quanto sia opportuna la scelta sulla potenza di funzionamento di 3 kW o se è necessario andare su potenze superiori. Per i veicoli che ricaricano (magenta) si vede che il comportamento è ottimo perché i veicoli raggiungono tutti la massima carica ad eccezione di 2 che comunque raggiungono i 29 kWh. Per i veicoli che cedono l'energia la situazione si può definire buona nel senso che molti veicoli sono in grado di cedere tutta l'energia disponibile mentre i primi 4 veicoli, avendo soste inferiori alle 4 ore, riescono a cederne quasi la metà di quella disponibile. Raddoppiando la potenza di lavoro a 6 kW, l'energia ceduta raddoppierebbe, ma solo per i primi 4 veicoli e quindi l'aumento percentuale dell'energia ceduta sarebbe veramente modesto.

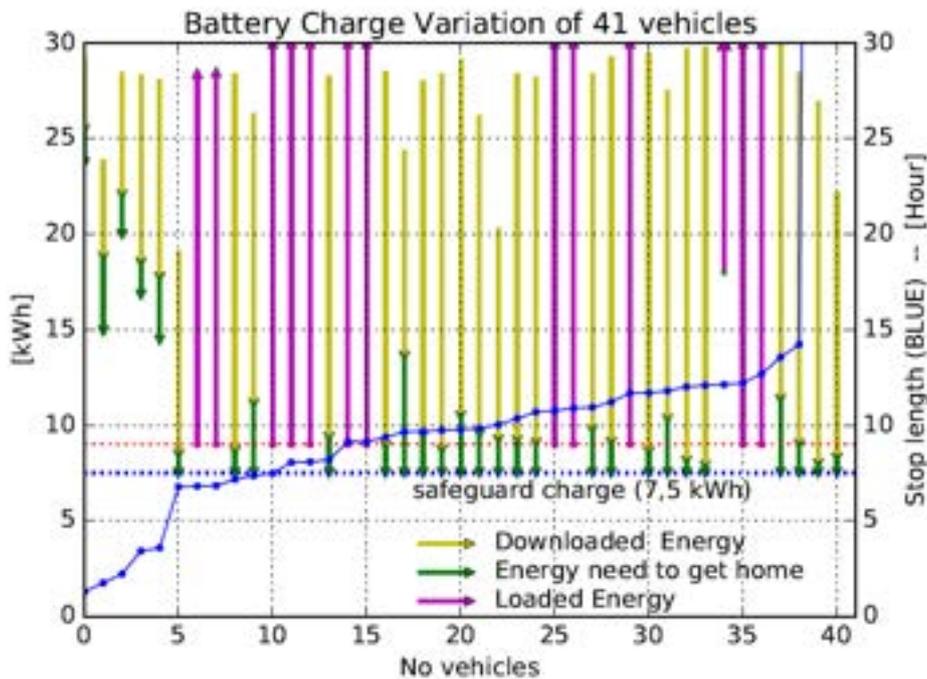


Figura 20. Le frecce verticali rappresentano la variazioni di energia, in kWh, della batteria. La freccia gialla è l'energia ceduta alla colonnina, a partire dalla carica di arrivo ad Anagnina. Quella verde è il consumo per arrivare a casa. Quella magenta è l'energia dei veicoli che ricaricano. Le curve azzurre, con ordinata a destra, è la durata sosta.

Per poter travasare l'energia tra veicoli è importante che siano in sosta negli stessi orari. Si è quindi evidenziato in Figura 21, sempre per il 13 maggio, l'orario dei veicoli che cedono energia (triangolo giallo) e quelli che la ricevono (puntino magenta).

Si osserva che gli arrivi dei veicoli destinati a ricevere energia si concentrano prima delle otto ma soprattutto l'ultimo di questi veicoli lascia il parcheggio poco prima delle 19, come si vede dalla proiezione della freccia tratteggiata azzurra. Inoltre la loro permanenza è sempre superiore alle 7 ore.

L'arrivo dei veicoli che cedono energia è più distribuito sia negli arrivi e sia nella durata sosta. In particolare i 2 veicoli che arrivano dopo le 19, pur fermandosi a lungo, non possono cedere l'energia a veicoli richiedenti perché a quell'ora non ce ne è neanche uno.

Per capire se nello scambio energia c'è un'elasticità sui tempi, basta osservare le linee in Figura 22. Nella figura, in basso a sinistra, si riportano le 2 linee tratteggiate in rosso e azzurro che rappresentano rispettivamente gli andamenti di carica e scarica dell'80% della batteria lavorando a 3 kW di potenza lorda.

Le linee magenta rappresentano lo stato delle batterie dei VE che ricevono energia. I puntini di inizio, della linea, rappresentano lo stato di carica, all'arrivo nel PdS e l'orario di arrivo. Nei casi dove la sosta è sufficiente a completare la carica, la linea magenta arriva ai 30 kWh e poi si prolunga in orizzontale fino al termine della sosta. Tutte queste linee iniziano la carica dal valore di 9 kWh che si è posto per ipotesi.

L'unica linea che inizia da 18 kWh, come già detto, è relativa ad un veicolo che dovrebbe cedere energia, ma che invece, per necessità di viaggio, la carica.

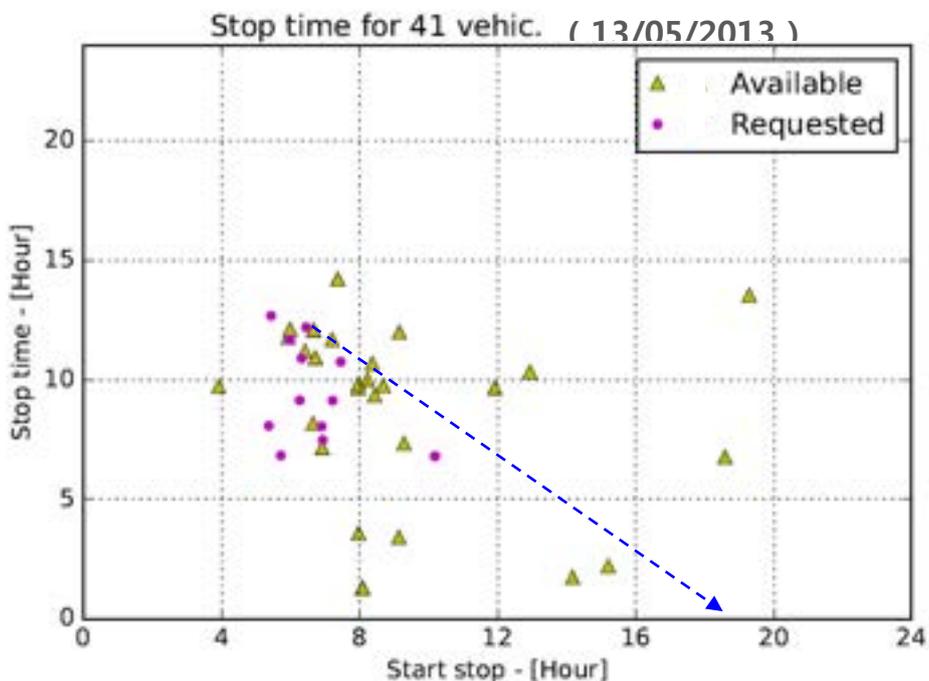


Figura 21. Confronto sull'inizio della sosta, e relativa durata, tra i veicoli che richiedono energia (magenta) e quelli che la possono cedere (giallo)

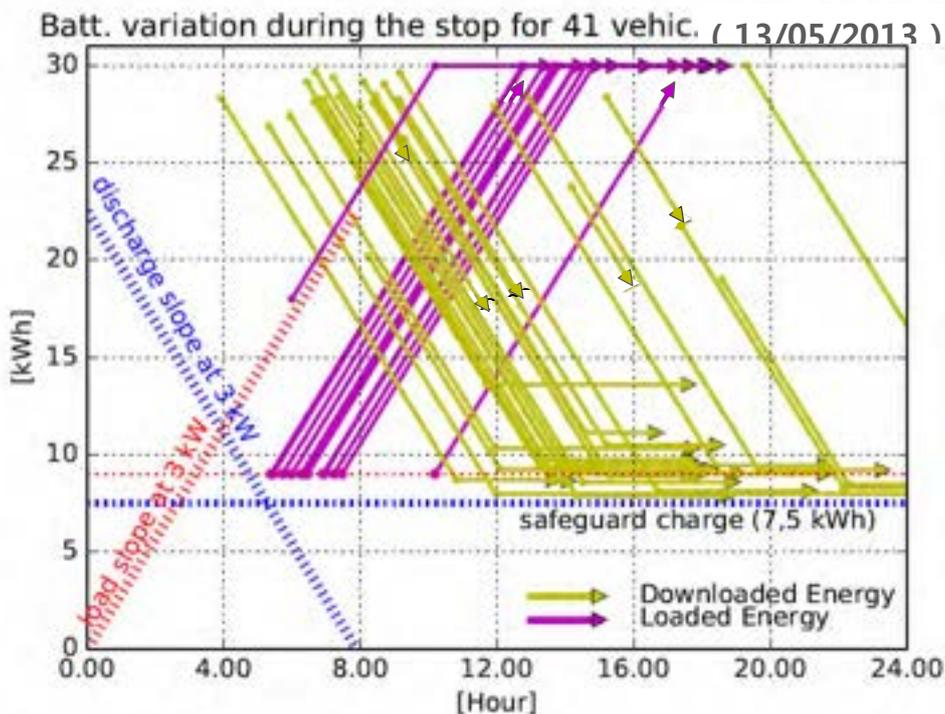


Figura 22. Andamento cronologico delle cariche (magenta) e scariche (giallo). Le pendenze sono legate alle potenze in gioco riportate tratteggiate in rosso e blu. I tratti orizzontali rappresentano l'assenza di interazioni elettriche.

In modo del tutto analogo sono rappresentate le linee gialle dei veicoli che cedono energia. In questo caso i puntini di partenza tengono conto dello stato della batteria, in base ai consumi impiegati per raggiungere il parcheggio, dall'ultima ricarica fatta. Nello stesso tempo la pendenza delle linee gialle non termina su un valore comune in quanto ogni veicolo richiede una diversa energia per tornare a casa. Le linee gialle con tratti orizzontali rappresentano il tempo di sosta residuo oltre quello usato per cedere energia. L'assenza di questo tratto orizzontale, visibile per 4 veicoli, indica che la cessione dell'energia disponibile non è stata ultimata.

Nel complesso questo grafico mette ben in evidenza se i tempi dei veicoli che cedono energia e quelli che la ricevono siano ben sincronizzati tra loro. Inoltre i tratti orizzontali evidenziano di quanta elasticità si può disporre nel ritardare sia i processi di carica che quelli di scarica.

Sempre per lo stesso giorno, per quello che riguarda i quantitativi di energia in gioco, nella Figura 23 sono riportate in percentuale: l'energia richiesta (in magenta) pari al 59% di quella globalmente messa a disposizione. In giallo quindi è rappresentata il 41% residuo di quella messa a disposizione.

Anche se *domanda/offerta* non sono molto bilanciate, queste percentuali sono abbastanza buone poiché per assicurare l'intera richiesta, l'energia cedibile deve essere sempre maggiore. Infatti per motivi di orario lo scambio non sempre è possibile.

Infine nell'ultima indagine, in Figura 24, per comprendere meglio la possibilità del completo trasferimento, dell'energia da scambiare, si riporta in giallo-scuro la curva della potenza istantanea messa a disposizione. L'area, sempre in giallo rappresenta l'energia complessiva a disposizione con l'ipotesi che il veicolo la renda disponibile dal momento di arrivo al PdS e fino al suo esaurimento.

Nel grafico, l'ordinata di sinistra rappresenta il valore della potenza utile in gioco (al lordo dei 3 kW a veicolo), mentre a destra è riportato il numero dei veicoli.

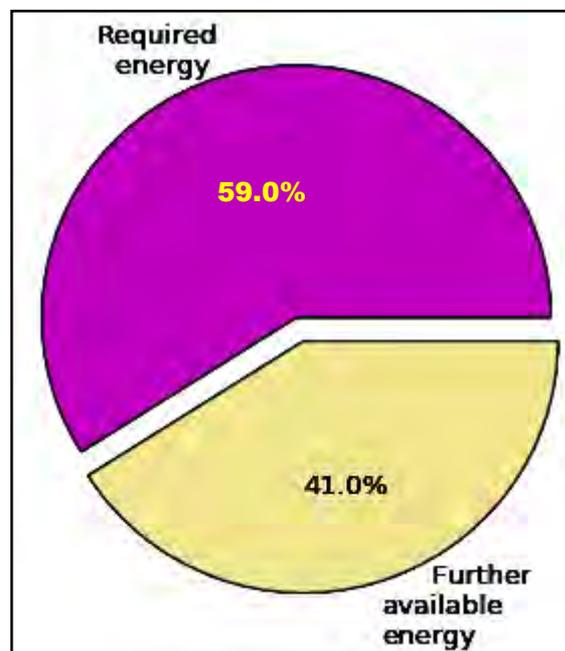


Figura 23. Energia richiesta (magenta) ed energia disponibile in esubero (giallo) per i giorno 13.05

Per la richiesta di energia si riportano le 2 curve: quella magenta e quella rossa tratteggiata.

La prima rappresenta l'energia richiesta, sempre a 3 kW, calcolata dal momento di arrivo al PdS e fino al riempimento della batteria, o fino alla sua partenza (se non riesce a ricaricarsi totalmente).

Nella seconda curva, l'energia richiesta inizia invece il più tardi possibile; quindi il caricamento si completa esattamente al momento di lasciare il PdS.

Confrontando le 2 curve di richiesta, con quella dell'energia disponibile, si capisce che, almeno per questo giorno, la richiesta di energia può essere completamente soddisfatta.

L'effettiva potenza di scambio, in un determinato istante, risulta data da quella minore tra le due energie presenti: richiesta e disponibile. Nel caso della Figura 24 si vede, che per quel giorno, la potenza netta massima richiesta (2,85 kW a veicolo) non può superare i 34,2 kW corrispondente a 12 VE che cedono energia.

E' evidente che la parte iniziale della richiesta che va dalle 6,00 alle 8,00 non può essere pienamente soddisfatta in quegli stessi istanti perché la disponibilità è inferiore ma può essere soddisfatta più avanti.

Ove utile (o necessario), l'energia può essere messa a disposizione anche dopo l'orario di arrivo al PdS, almeno per molti veicoli.

Quindi lo scambio di energia può essere ottimizzato aumentando al massimo la sua durata, per ridurre la potenza, come è evidenziato dalla curva azzurra di Figura 25. Come si vede lo scambio netto di energia avviene, al massimo, prevalentemente a 22,8 kW con soli 8 veicoli, e solo per pochissimi minuti sale a 9 veicoli per 25,65 kW. In questa figura, rispetto alla precedente si è aggiunta la curva avana che rappresenta la potenza dell'energia cedibile messa a disposizione con il massimo ritardo possibile.

Poiché la visione di una singola giornata, per quanto dettagliata, è comunque limitativa, si riportano nelle 3 figure che seguono gli stessi andamenti osservati in periodi diversi e di più lunga durata. I periodi scelti sono relativi alle 2 settimane: 20-26 maggio e 18-24 novembre.

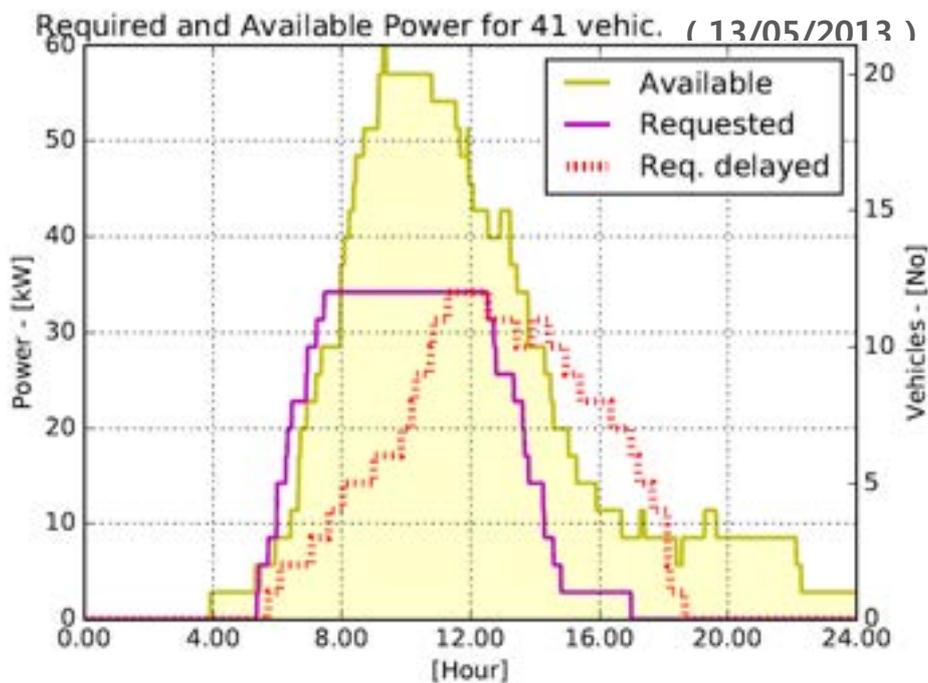


Figura 24. Andamento della potenza disponibile (giallo) e quella richiesta, in magenta se la richiesta è immediata, o tratteggiata se è ritardata.

Nei 2 grafici di Figura 26 le soste settimanali sono ordinate per durata, secondo quanto rappresentato dalla curva azzurra, che ha ordinata sulla destra. Entrambe i grafici sono simili. Per quanto riguarda i richiedenti energia, in magenta, risulta che quasi tutti si ricaricano completamente ad eccezione di pochissimi che non riescono a farlo ma che comunque si ricaricano oltre il 50% del SOC. Il motivo della carica incompleta è dovuto alla durata sosta che è inferiore alle 8 ore che assicurano la carica completa dalla carica minima prevista in Tabella 4.

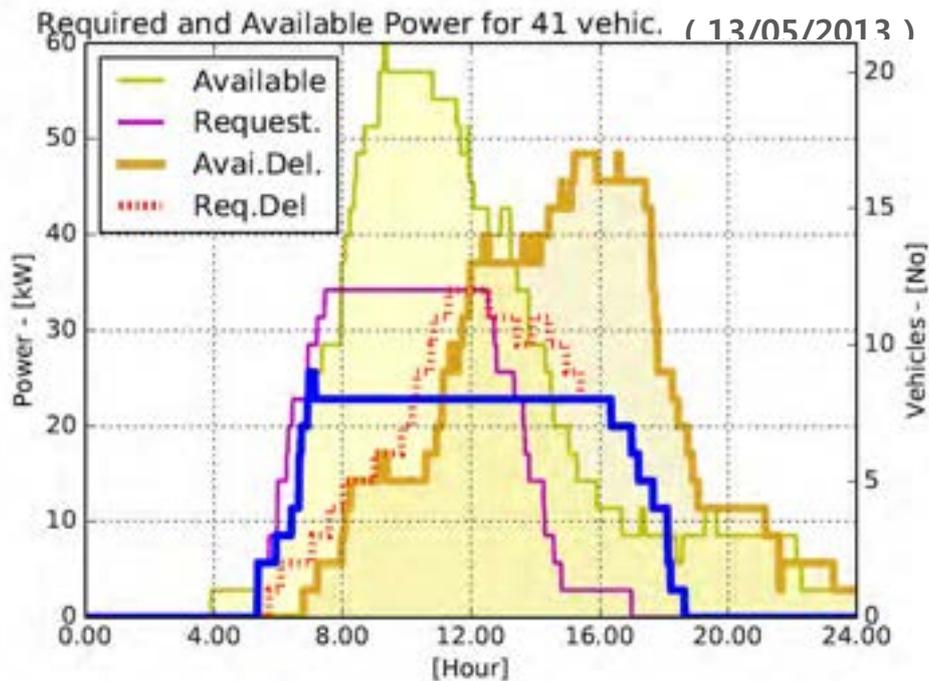


Figura 25. Rispetto al precedente grafico si è aggiunta in avana la curva dell'energia disponibile ceduta in ritardo. La curva azzurra rappresenta l'energia scambiata alla potenza più bassa.

Nei 2 grafici di Figura 26 le soste settimanali sono ordinate per durata, secondo quanto rappresentato dalla curva azzurra, che ha ordinata sulla destra. Entrambe i grafici sono simili. Per quanto riguarda i richiedenti energia, in magenta, risulta che quasi tutti si ricaricano completamente ad eccezione di pochissimi che non riescono a farlo ma che comunque si ricaricano oltre il 50% del SOC. Il motivo della carica incompleta è dovuto alla durata sosta che è inferiore alle 8 ore che assicurano la carica completa dalla carica minima prevista in Tabella 4.

Nei 2 grafici di Figura 26 le soste settimanali sono ordinate per durata, secondo quanto rappresentato dalla curva azzurra, che ha ordinata sulla destra. Entrambe i grafici sono simili. Per quanto riguarda i richiedenti energia, in magenta, risulta che quasi tutti si ricaricano completamente ad eccezione di pochissimi che non riescono a farlo ma che comunque si ricaricano oltre il 50% del SOC. Il motivo della carica incompleta è dovuto alla durata sosta che è inferiore alle 8 ore che assicurano la carica completa dalla carica minima prevista in Tabella 4.

Quest'ultimo fenomeno è messo ancor più in risalto nella Figura 28 degli andamenti della potenza disponibile in giallo (immediata) e in avana (ritardata) e di quella richiesta, in magenta (immediata) e con tratteggio rosso (ritardata). Si vede che, l'andamento dei giorni lavorativi, se pur con qualche variazione e abbastanza simile. I richiedenti energia, sono i più assidui nell'utilizzo del PdS, e si riscontra che il loro profilo di richiesta presenta una modesta variabilità.

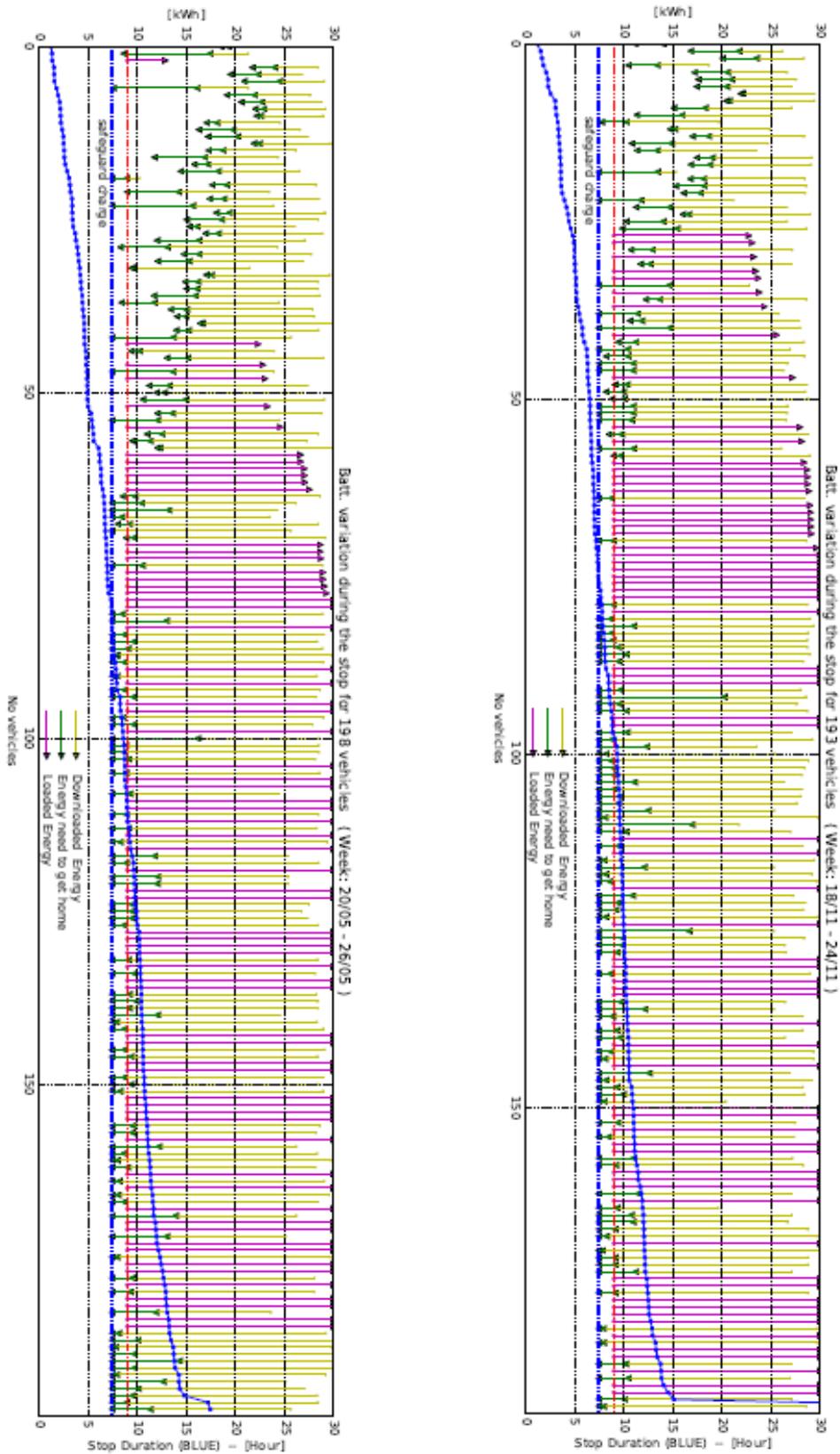


Figura 26. Variazioni a confronto per le energie trasferite nella terza settimana di maggio (sx) e di novembre (dx). La freccia gialla è l'energia scaricata alla colonnina, a partire dalla carica di arrivo ad Anagnina. Quella verde è il consumo per arrivare a casa. Quella magenta è l'energia dei veicoli che ricaricano. Le variazioni di energia sono messe in relazione alla durata sosta (linea blu).

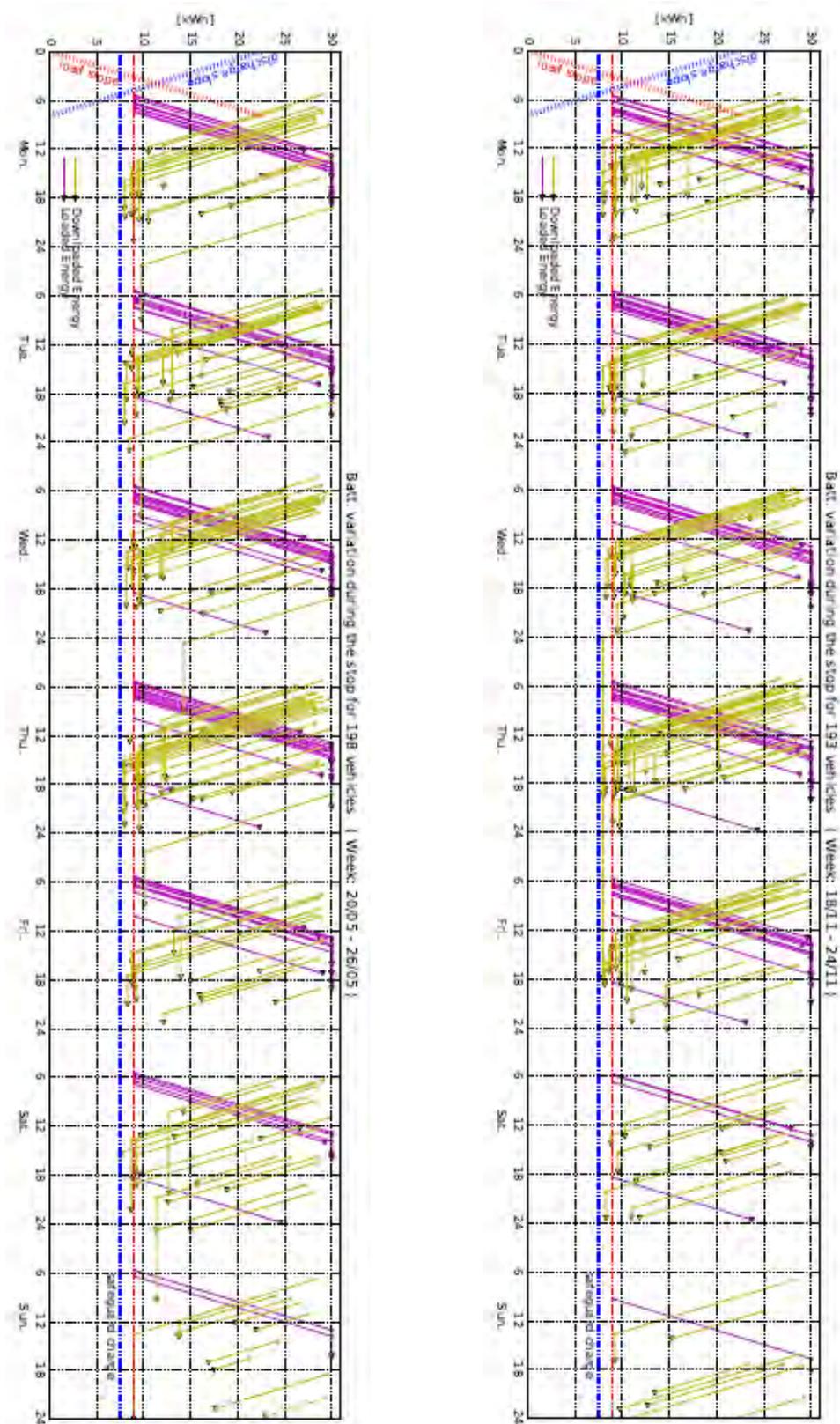


Figura 27. Andamenti cronologici settimanali a confronto per le energie trasferite a maggio (sx) e a novembre (dx). Le cariche (magenta) e le scariche (giallo) hanno comportamenti settimanali simili confrontando la terza settimana di maggio (sx) e quella di novembre (dx).

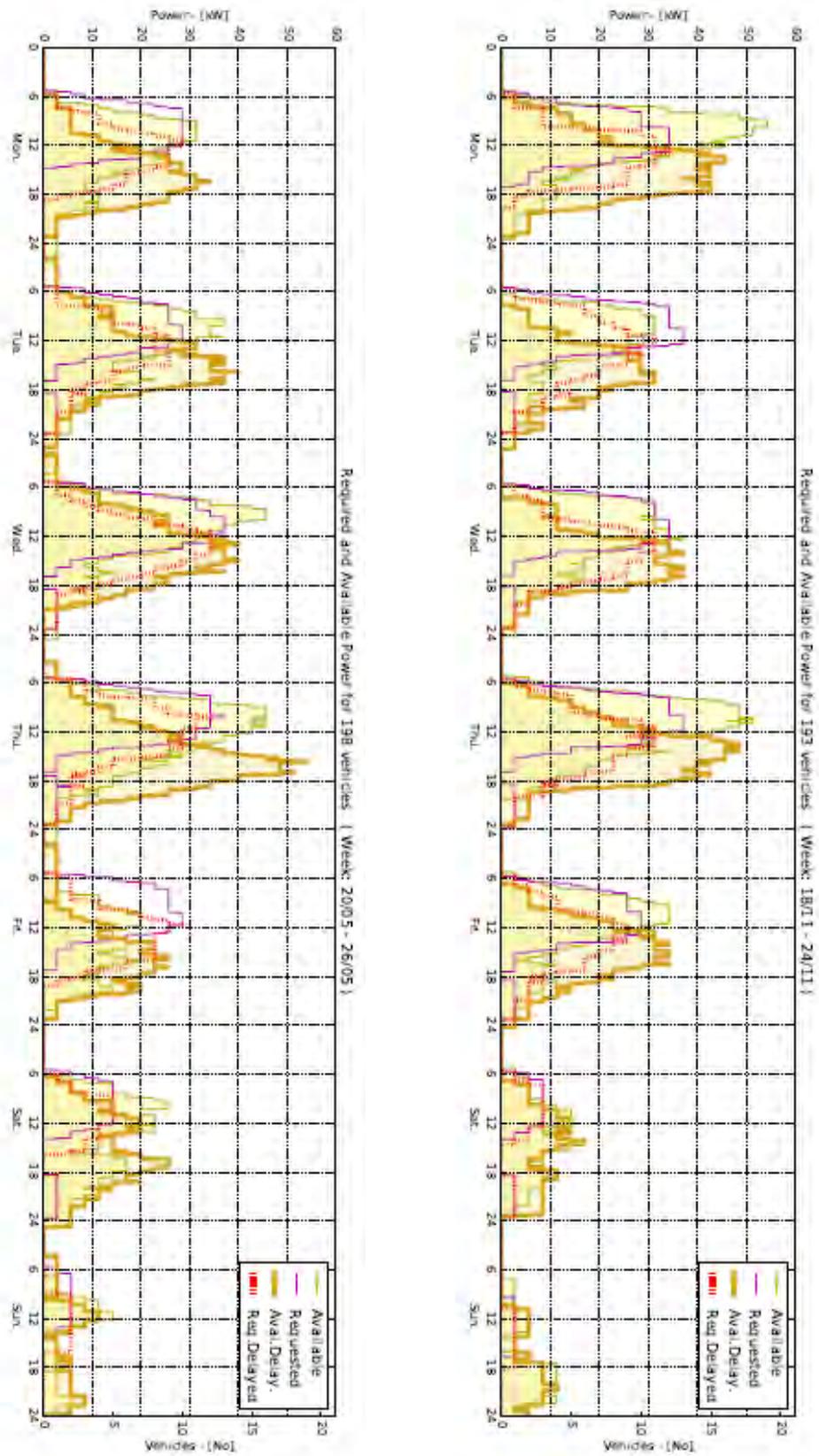


Figura 28. Andamento delle potenze settimanali disponibili (giallo) e quelle richieste, in magenta se la richiesta è immediata, o tratteggiata se è ritardata. Confronto tra la terza settimana di maggio (sx) e novembre (dx).

Gli altri veicoli, più numerosi e meno regolari, mettono a disposizione un'energia con un profilo che ha margini di variazione più ampi. In particolare nel venerdì 24 maggio si osserva che ad un *occasionale* riduzione dell'energia messa a disposizione, non si ha una analoga riduzione, nella richiesta di energia. Per quella particolare giornata la richiesta, anche se in valore molto modesto, supera la disponibilità del 5%. Un esame più approfondito fatto anche su altre settimane ha mostrato che giornate lavorative di questo tipo sono abbastanza rare e non sono legate ad un particolare giorno di lavoro.

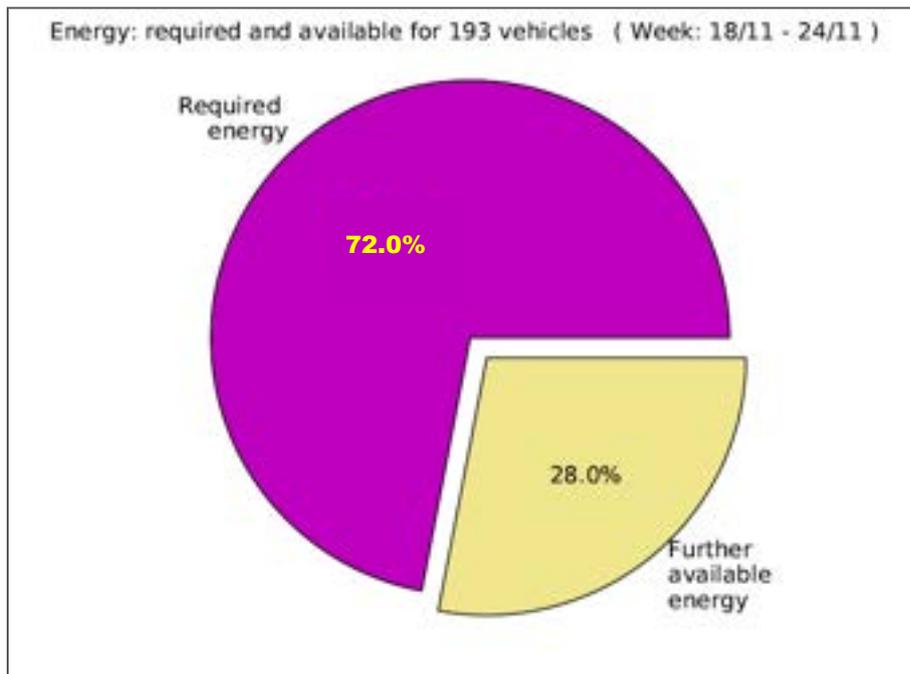
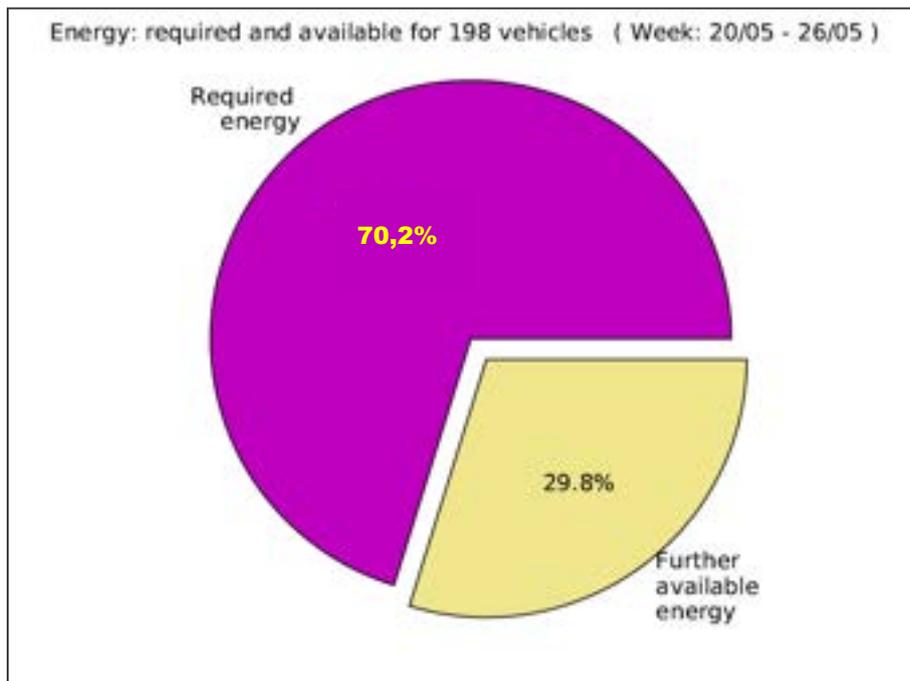


Figura 29. Energia richiesta (magenta) ed energia disponibile in esubero (giallo) per la terza settimana di maggio (sopra) e quella di novembre (sotto).

Diverso è il comportamento nel weekend ed in particolare la domenica dove a causa delle basse frequenze nel PdS, *domanda* e *offerta* sono molto variabili. Quindi può essere più frequente che si presenti una domanda sbilanciata tra richiesta e offerta. Inoltre a causa della modesta frequenza si può aggiungere il problema nell'incompatibilità oraria tra le due richieste.

Infine, nella Figura 29, sempre per le stesse settimane, vengono mostrate le percentuali delle energie richieste (in magenta) e quelle disponibili in esubero (in giallo).

3 Conclusioni

La prova effettuata ha messo in evidenza che almeno nel parcheggio di scambio esaminato esistono concrete possibilità che il V2V possa realizzarsi.

Gli andamenti sui comportamenti ottenuti si ritengono attendibili sia perché derivanti da comportamenti rilevati sul campo e sia perché relativi ad un consistente campione di veicoli osservati sul lungo periodo.

I grafici presentati hanno dimostrato che c'è una buona compatibilità tra l'orario della domanda e quello di offerta di energia. Il quantitativo di energia messo a disposizione dai singoli veicoli è sempre stato elevato, infatti spesso viene messa a disposizione anche più del 50 % della batteria.

Inoltre in base ai tempi di sosta si è riscontrato che per ottenere un buono scambio si può lavorare anche a potenze di 3 kW. In ogni caso non c'è nessuna necessità di ricorrere a potenze al disopra dei 6 kW. Diverso è il discorso se lo scambio di energia tra veicoli avviene con lo scopo di risolvere situazioni di emergenza e quindi si possono montare kit, già disponibili sul mercato, per cedere energia con potenze di 50 kW.

Per chi possiede contemporaneamente un impianto fotovoltaico ed un VE c'è la possibilità di cedere parte della propria produzione elettrica.

Questa modalità di scambio tra veicoli va incoraggiata perché essendo una ricarica mobile che potenzialmente può avvenire nei luoghi più disparati, rappresenta una chance in più per chi ha particolare necessità di ricarica.

4 Riferimenti bibliografici

1. <https://www.assicurazioneautonoleggio.it/centro-informazioni/notizie/auto-elettrica-in-italia-del-27.10.2017>
2. ACEA, http://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Pocket_Guide_2017-2018.pdf
3. D. Hall, N. Lutsey, "Emerging Best Practices For Electric Vehicle Charging Infrastructure", ICCT, White Paper, (Oct. 2017)
4. E. Bulut, M. Kisacikoglu, "Mitigating range anxiety via vehicle-to-vehicle social charging system", Proceedings of vehicular technology Conference(VCT Spring), IEEE, 2017
5. B. Roberts, K. Akkaya, E. Bulut, M. Kisacikoglu, "An Authentication Framework for Electric Vehicle-to-Electric Vehicle Charging Application", MASS 2017 Research in Networking and Systems Workshop, (2017)
6. C. Liu, K. T. Chau, "Opportunities and challenges of vehicle-to-home, vehicle-to-vehicle and vehicle-to-grid technologies", Proceedings IEEE, November 2013.
7. E. Bulut, B. K. Szymanski, "Mobile energy sharing through power buddies", Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), IEEE, pp. 1-6, (2017)
8. C. Latze, U. Ultes-Nitsche, F. Baumgartner, "Strong mutual authentication in a user-friendly way in eap-tls", Software Telecommunications and Computer Networks, 15th International Conference IEEE, (2007), pp. 1-5

9. W. Diffie, M. Hellman, "New directions in cryptography", IEEE Transaction on Information Theory, Vol. 22, No. 6, (1976) pp. 644-654
10. S. S. Manvi, S. Tangade, "A survey on authentication schemes in vanets for secured communication", Vehicular Communication (2017)
11. X. Wu, S. Subramanian, R. Guha, R. G. White, J. Li, K.W. Lu, A. Bucceri, T. Zhang, "Vehicular communication using DSRC: challenge, enhancements and evolution", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 31, No 9, (2013), pp. 399-408
12. E. Alvaro-Hermana, J. Fraile-Ardanuy, P. J. Zufiria, L. Knapen, D. Janssens, "Peer to peer energy trading with electric vehicles", IEEE Intelligent Systems Magazine, Vol. 8, No. 3, pp. 33-44, (2016)
13. D. Niyato, P. Wang, D. I. Kim, W. Saad, Z. Han, "Mobile energy sharing networks: Performance analysis and optimization", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 65, No. 5, pp. 3519-3535 (2016)
14. L. A. Maglaras, J. Jiang, A. Maglaras, F. V. Topalis, S. Moschoyiannis, "Dynamic wireless charging of electric vehicles on the move with Mobile Energy Disseminators", International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 6, No. 6, 2015
15. M. Wang, M. Ismaily, R. Zhang, X. S. Shen, E. Serpedinz, K. Qaraqe, "A Semi-distributed V2V fast charging strategy based on price control", Wireless Networking Symposium, Globecom, 2014
16. http://andromedapower.com/uploads/ORCA_Inceptive_Datasheet.pdf
17. Octo Telematics s.p.a., <http://www.octotelematics.it>
18. G. Giuli, M. Mancini, "Elettromobilità e sistemi di ricarica multi-sorgente", Report RdS/PAR2014/105 (2015), pp. 17
19. A. M. Galiano, G. Ugolini, "Indagine sul servizio di parcheggi di scambio di Roma Capitale", maggio 2014, ASPL Roma Capitale
20. <https://www.google.it/search?q=parcheggio+di+scambio+anagninasa&ie=&oe=> del 27.10.2017
21. G. Giuli, M. Mancini, "Diffusione della ricarica rapida in ambito urbano", Report RdS/PAR2015/211 (2016), pp. 11
22. E. Grunditz, T. Thiringer, "Performance Analysis of Current BEVs - Based on a Comprehensive Review of Specifications", IEEE Transactions on Transportation Electrification, Volume 2, Issue 3, (Sept. 2016)
23. https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php

5 Abbreviazioni ed acronimi

- BEV = Battery Electric Vehicle. Veicolo con motore esclusivamente elettrico.
GRA = Grande Raccordo Anulare di Roma
NECD = New European Driving Cycle
SOC = State Of Charge.
PdS = Parcheggio di Scambio
VE = Veicolo Elettrico.
V2V = Veicolo a veicolo