

SUM SUSTAINABLE URBAN MOBILITY

Linee guida per la
mobilità sostenibile nelle
aree urbane

PRIN 2009



REPORT SCENARIO

COMPATTO_02_C

Sommario

1	Descrizione dello scenario	1
1.1	Interventi sul sistema dell'offerta di trasporto	1
1.1.1	Interventi sulla rete stradale	1
1.1.2	Interventi sulla rete di trasporto su ferro	2
1.1.3	Rete ferroviaria regionale	3
1.1.4	Rete ferroviaria sub-urbana	4
1.1.5	Rete metropolitana	5
1.1.6	Rete metropolitana leggera	6
1.1.7	Rete tranviaria	7
1.2	Interventi sullo stock immobiliare	8
2.	Risultati della simulazione dello scenario (13_Localizzazione vs 01_zone_rif)	10
2.1	Analisi Sintetica dello Scenario	10
2.1.1	Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGTU	10
2.1.2	Struttura della domanda come varia la matrice OD	11
2.2	Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale della Popolazione	12
2.2.1	Variazione Occupati di fascia alta	12
2.2.2	Variazione Occupati di fascia bassa	12
2.2.3	Variazione Popolazione totale	14
2.3	Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale degli Addetti (AddCom, AddServPri, AddTot)	15
2.3.1	Variazione degli Addetti al Commercio	15
2.3.2	Variazione degli Addetti ai Servizi Privati	15
2.3.3	Variazione Addetti Totali	16
2.4	Analisi di dettaglio delle variazioni delle Matrici Origine-Destinazione	17
2.4.1	Motivo	17
2.4.1.1	Spostamenti Casa-Lavoro	17
2.4.1.2	Spostamenti Casa-Altri Motivi	17
2.4.2	Analisi per singolo modo di trasporto	17
2.4.2.1	Auto	18
2.4.2.2	Moto	18
2.4.2.3	Trasporto pubblico	18
2.4.2.4	Piedi	19
2.4.3	Ripartizione modale totale e (in Entrata e in Uscita) per PGTU	19
2.4.3.1	In Uscita	19
2.4.3.2	In Entrata	21

3. Analisi dell'elasticità del modello di simulazione (13_Loc. vs. 14_zone etc)22

3.1 Variazione di Popolazione	22
3.1.1 Variazione Occupati di fascia Alta.....	23
3.1.2 Occupati di fascia Bassa.....	24
3.2 Variazione di Addetti	25
3.2.1 Addetti al Commercio.....	27
3.2.2 Addetti ai Servizi Privati.....	27

4. Analisi di sostenibilità urbana.....28

4.1 Sostenibilità economica.....	29
4.2 Sostenibilità ambientale.....	33
4.3 Sostenibilità sociale.....	37

Bibliografia40

1 Descrizione dello scenario

Lo scenario Compatto_02_C è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo compatto della città caratterizzata da elevati valori di densità residenziale e mix funzionale nelle aree interne al G.R.A.

Lo scenario considera inoltre una significativa espansione della rete di trasporto pubblico su ferro, così come previsto dal Piano Regolatore Generale, approvato nel 2008.

		Sistema di Trasporto	
		Rete Parziale	Rete Completa
Uso del suolo	LU_PRG	PRG_P	PRG_C
	LU_Compatto_01	COMPATTO_01_P	COMPATTO_01_C
	LU_Compatto_02	COMPATTO_02_P	COMPATTO_02_C
	LU_Sprawl_01	SPRAWL_P	
	LU_Sprawl_02		SPRAWL_C
	LU_TOD_01	TOD_01_P	
	LU_TOD_02		TOD_02_C

1.1 Interventi sul sistema dell'offerta di trasporto

1.1.1 Interventi sulla rete stradale

I nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale previsti, come si può notare anche dai dati numerici riportati nella tabella 1 sono per oltre l'80% concentrati nelle corone PGTU quattro e cinque.

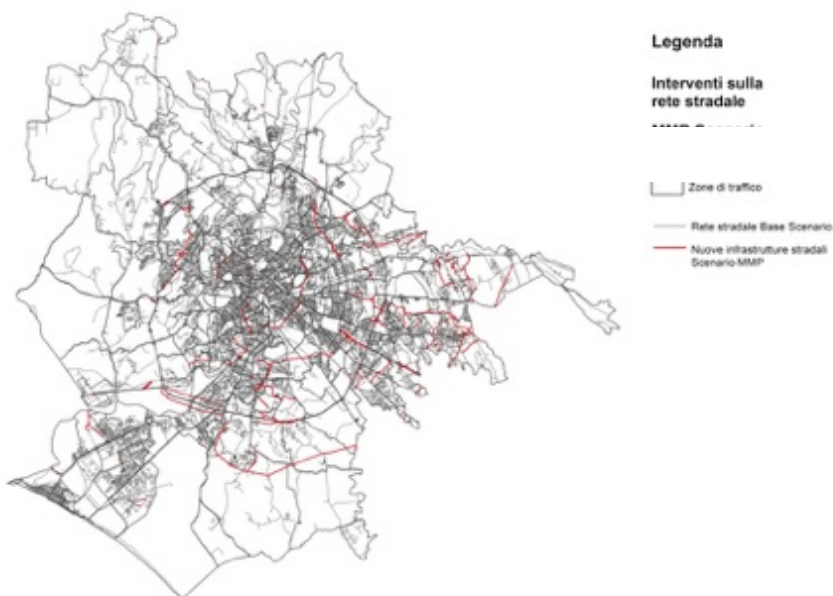


Figura 1: Nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale.

Corone PGTU	Lunghezza nuovi interventi	Distribuzione percentuale nuovi interventi per corone PGTU
	[m]	[%]
1	959	0,5%
2	9.642	4,5%
3	23.084	10,8%
4	72.179	33,9%
5	106.941	50,3%
Totale	212.805	100%

Tabella 1: Nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale suddivisi per corone PGTU

1.1.2 Interventi sulla rete di trasporto su ferro

Nelle previsioni di trasformazione futura sono previsti una serie d'interventi che interessano tutte le infrastrutture di trasporto su ferro dell'area metropolitana di Roma. Questi interventi prevedono sia un miglioramento della rete esistente, tramite una velocizzazione della rete e la rilocalizzazione di alcune stazioni, sia la realizzazione di nuove linee e l'apertura di nuove stazioni. Le infrastrutture su ferro sono articolate in cinque differenti tipologie di reti, di seguito elencate:

- Rete ferroviaria regionale;
- Rete ferroviaria sub-urbana;
- Rete metropolitana;
- Rete metropolitana leggera;
- Rete tranviaria.

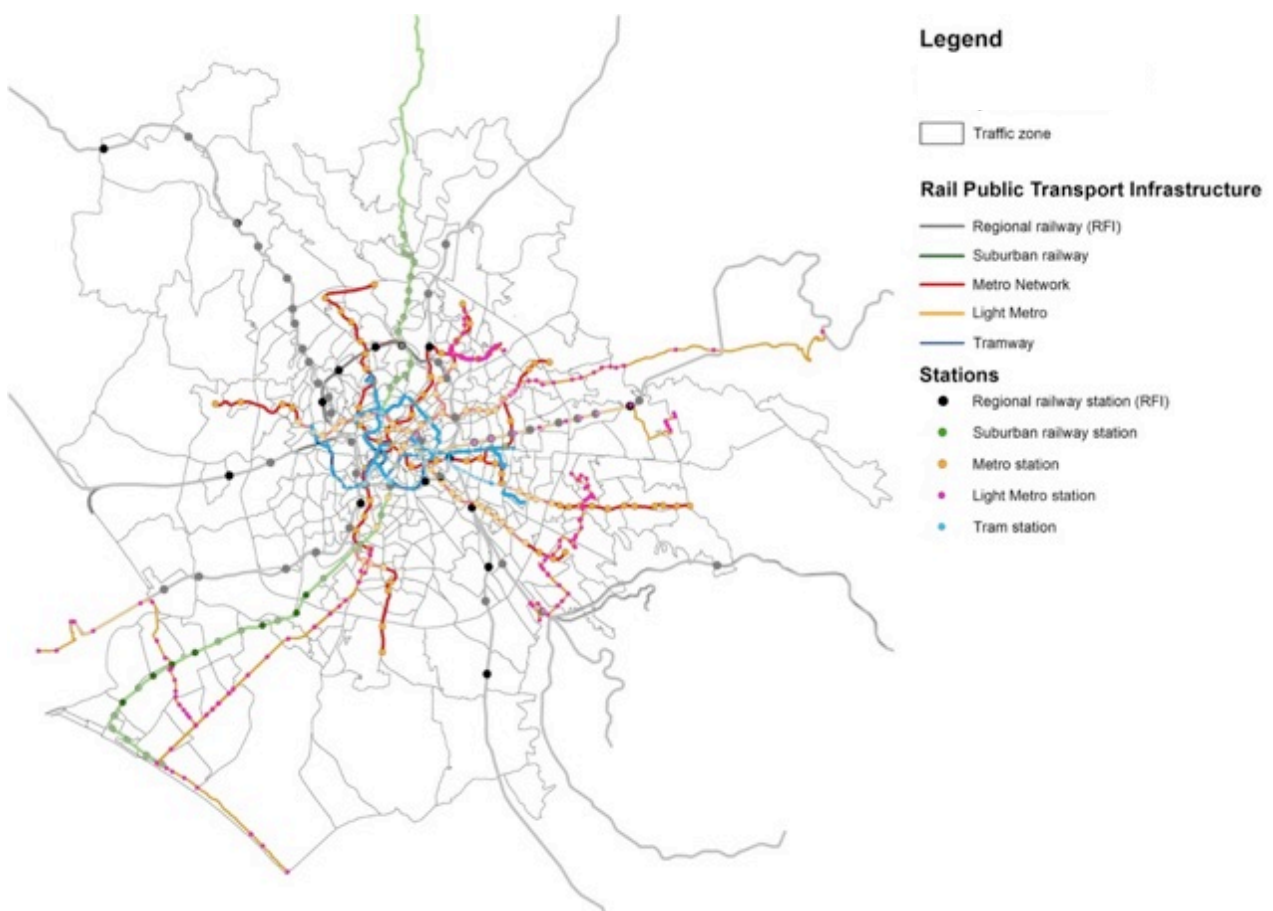


Figura 2: Mappa dei nuovi interventi sulla rete di trasporto pubblico su ferro

Per ognuna di queste tipologie di reti di trasporto pubblico su ferro è riportata a seguire una breve descrizione, con il supporto di figure e tabelle sintetiche.

1.1.3 Rete ferroviaria regionale

Gli interventi infrastrutturali previsti sulla rete ferroviaria regionale, sono di piccola rilevanza ed hanno l'obiettivo di migliorare i livelli di servizio della rete. L'unico intervento infrastrutturale di rilevante importanza riguarda il completamento dell'anello ferroviario che circonda il centro della città in modo chiudere la circonvallazione. Questo nuovo tratto denominato "Cintura Nord" o "FR0" dovrebbe collegare le stazioni di Roma Nomentana e Roma San Pietro con un tracciato di lungo circa 12,8 Km. Per quanto riguarda le nuove stazioni è prevista l'apertura di 11 nuove stazioni ferroviarie dedicate al servizio regionale.

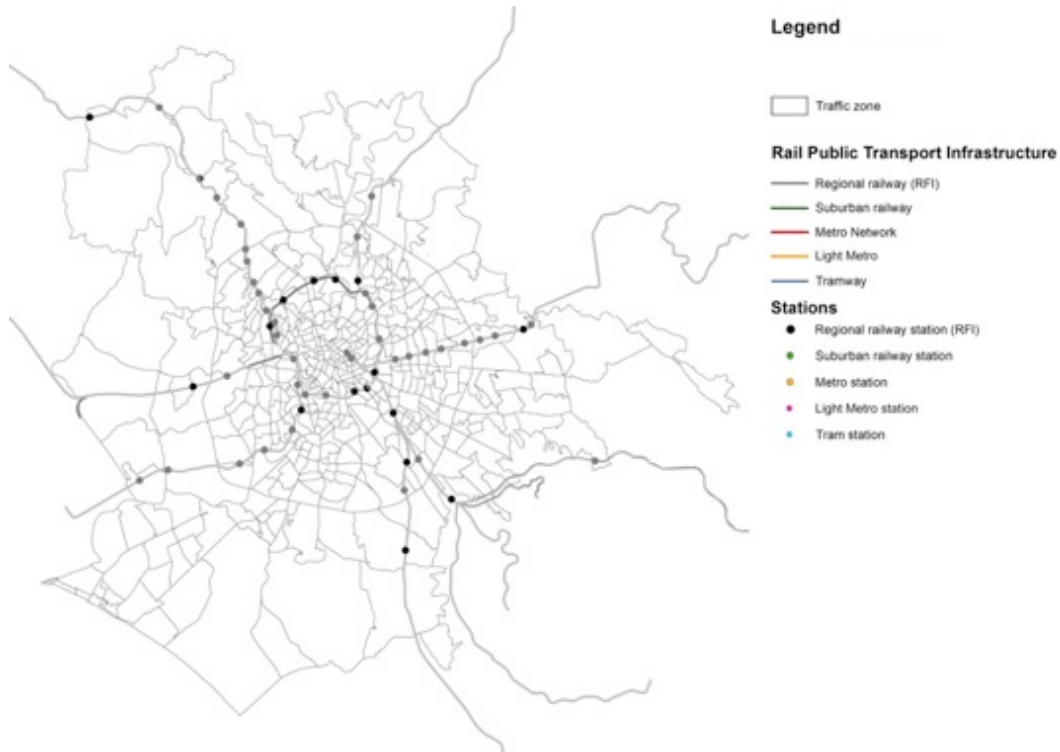


Figura 3: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete ferroviaria regionale

Nuove stazioni	Linea	Stato
Zama	FR 0	Nuova
Roma Balduina	FR 0	Nuova
Farneto	FR 0	Nuova
Vigna Clara	FR 0	Nuova
Pigneto	FR 1	Nuova
Salario	FR 1	Rilocalizzata
Portuense	FR 1	Nuova
Ponte di Nona	FR 2	Nuova
?	FR 3	Nuova
?	FR 4	Nuova
Maccarese Fregene	FR 5	Nuova
?	FR 8	Nuova
?	FR 8	Nuova

Tabella 2: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete di trasporto su ferro regionale

1.1.4 Rete ferroviaria sub-urbana

Per quanto riguarda la rete ferroviaria suburbana è prevista la dismissione di una delle tre linee presenti nello Scenario di Base, la linea Roma-Giardinetti. Infatti l'attuale tracciato verrà riconvertito a partire dalla stazioni di Togliatti e fino a Giardinetti nella nuova linea della metro C. Per quanto riguarda invece il tratto della Roma-Giardinetti precedente alla stazione di Togliatti è prevista la sua riconversione in una linea tranviaria. Infine, per le altre due linee non sono in programma rilevanti interventi infrastrutturali, ad eccezione dell'apertura di sette nuove stazioni lungo la linea Roma-Lido.

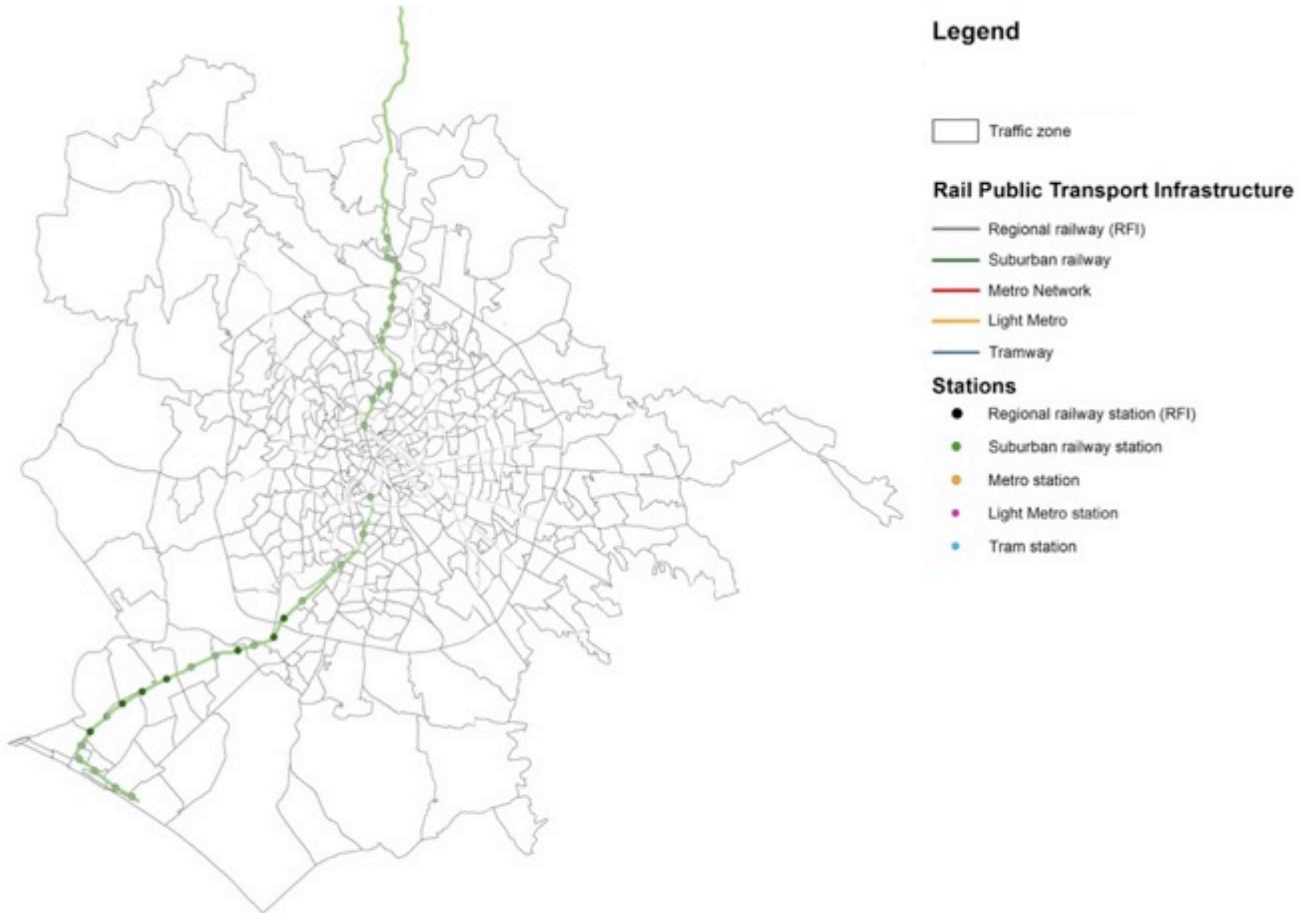


Figura 4: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete sub-urbana

1.1.5 Rete metropolitana

Gli interventi di potenziamento della rete metropolitana previsti dallo scenario sono relativi al prolungamento della linea A, B e B1 e alla realizzazione di altre due linee, la linea C e D. La linea C, attualmente in costruzione, attraverserà la città da Nord-Ovest ovvero dalla stazione di Tor di Quinto alla stazione di Pantano. Per questa linea sono previste due diramazioni. La prima, denominata Linea C1, verso Ovest, si estenderà dalla stazione di Teano a Ponte Mammolo. La seconda diramazione, denominata Linea C2, verso Nord, si estenderà dalla stazione di Giuochi Istmici alla stazione di Tor di Quinto. Per la linea D i lavori di realizzazione sono stati già avviati, e una volta ultimati, la linea collegherà la città da Nord a Sud, dalla stazione di Ogetti fino alla stazione di EUR Agricoltura. Nel complesso è prevista l'apertura di 84 nuove stazioni e la realizzazione di 88,7 nuovi Km di infrastrutture ferroviarie.

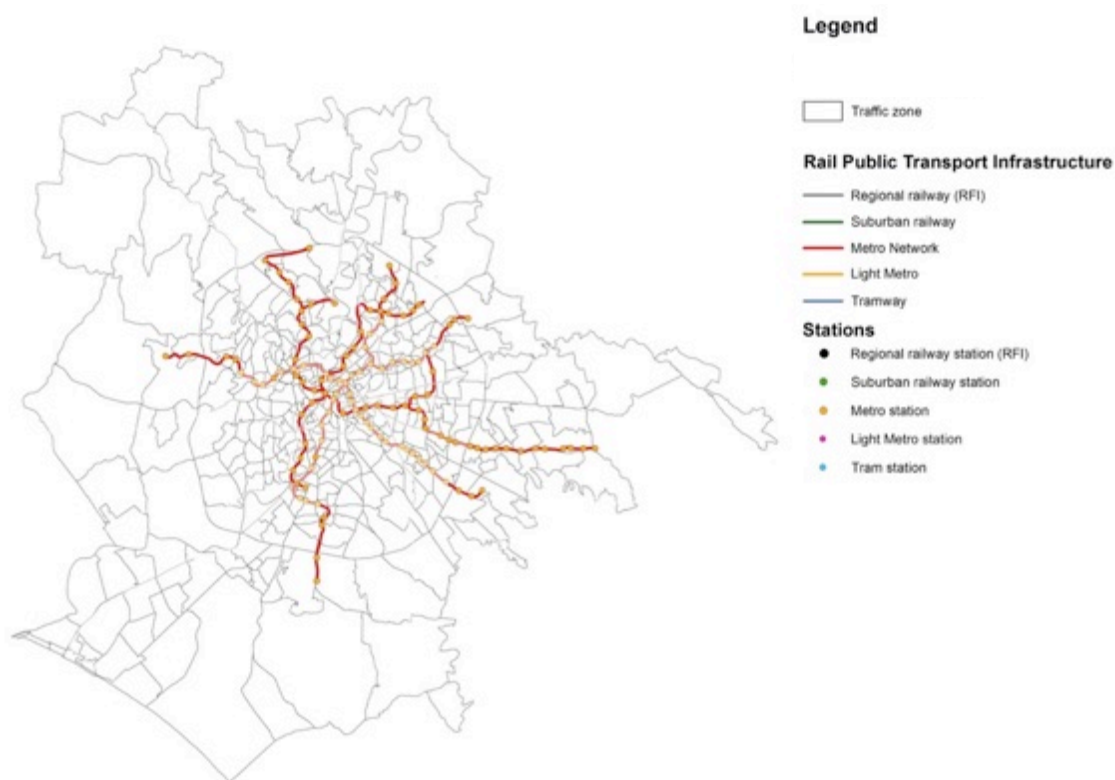


Figura 5: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

Linea	Lunghezza tot [Km]	Lunghezza nuovi tratti [Km]	Stazioni tot [n°]	Nuove stazioni [n°]
Linea A	27,8	9,4	34	7
Linea B	27,3	9,3	29	7
Linea B1	8,5	4,9	8	4
Linea C	36,6	36,6	39	39
Linea C1	4,9	4,9	5	5
Linea C2	2,6	2,6	2	2
Linea D	21,0	21,0	20	20

Tabella 3: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

1.1.6 Rete metropolitana leggera

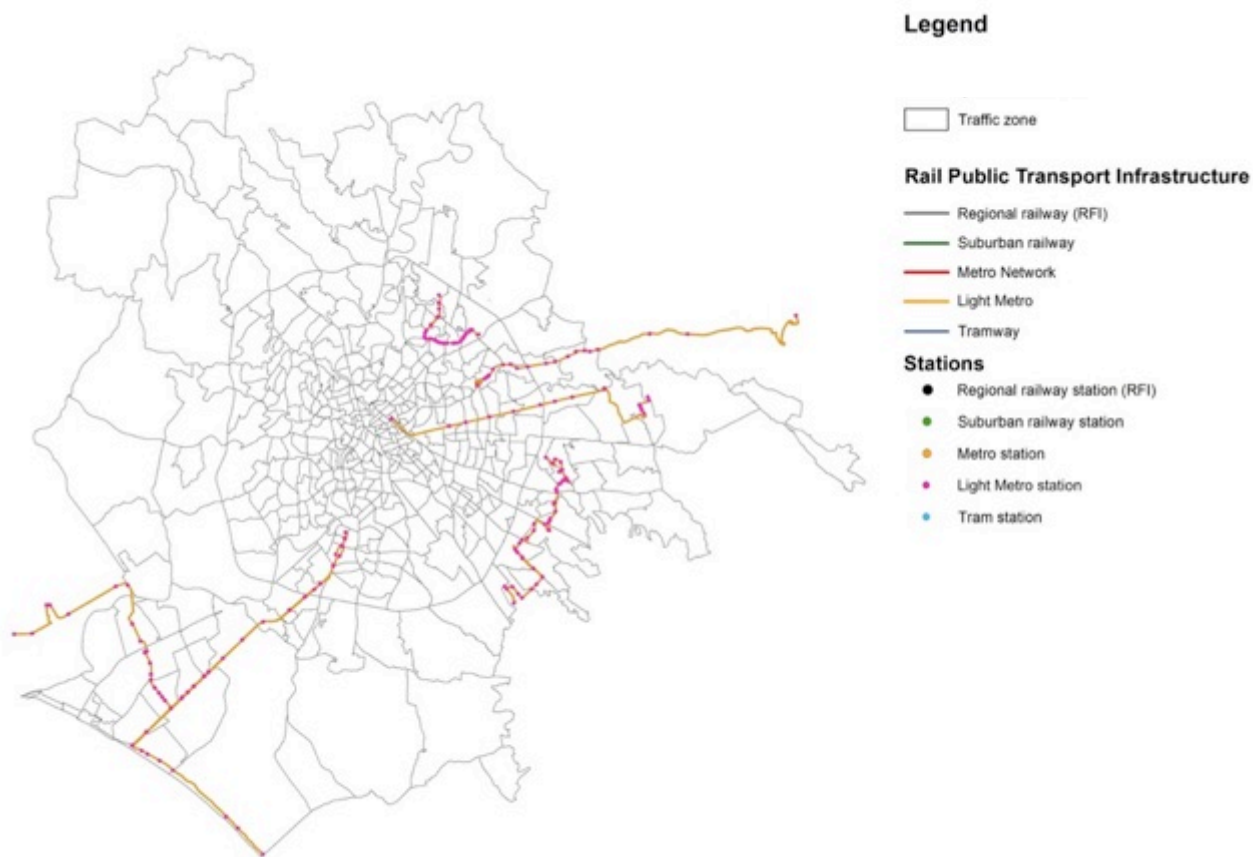


Figura 6: Mappa dei nuovi interventi infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

Linea	Estensione [Km]	Fermate [n°]
Linea V	7,0	42
Tor Vaianica – Aeroporto	32,5	53
Agricoltura - Aeroporto	34,7	69
Tivoli - Rebbibia	24,3	36
Tor Bella Monica - Ciampino	18,1	43
Termini - ?	19,9	30

Tabella 4: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

1.1.7 Rete tranviaria

Le opere di potenziamento della rete tranviaria prevedono sia alcuni minimi interventi di prolungamento e variazione del percorso per le linee esistenti sia la realizzazione di altre tre nuove linee con una lunghezza complessiva di circa 17,8 Km lungo i quali saranno dislocate altre 107 nuove fermate.

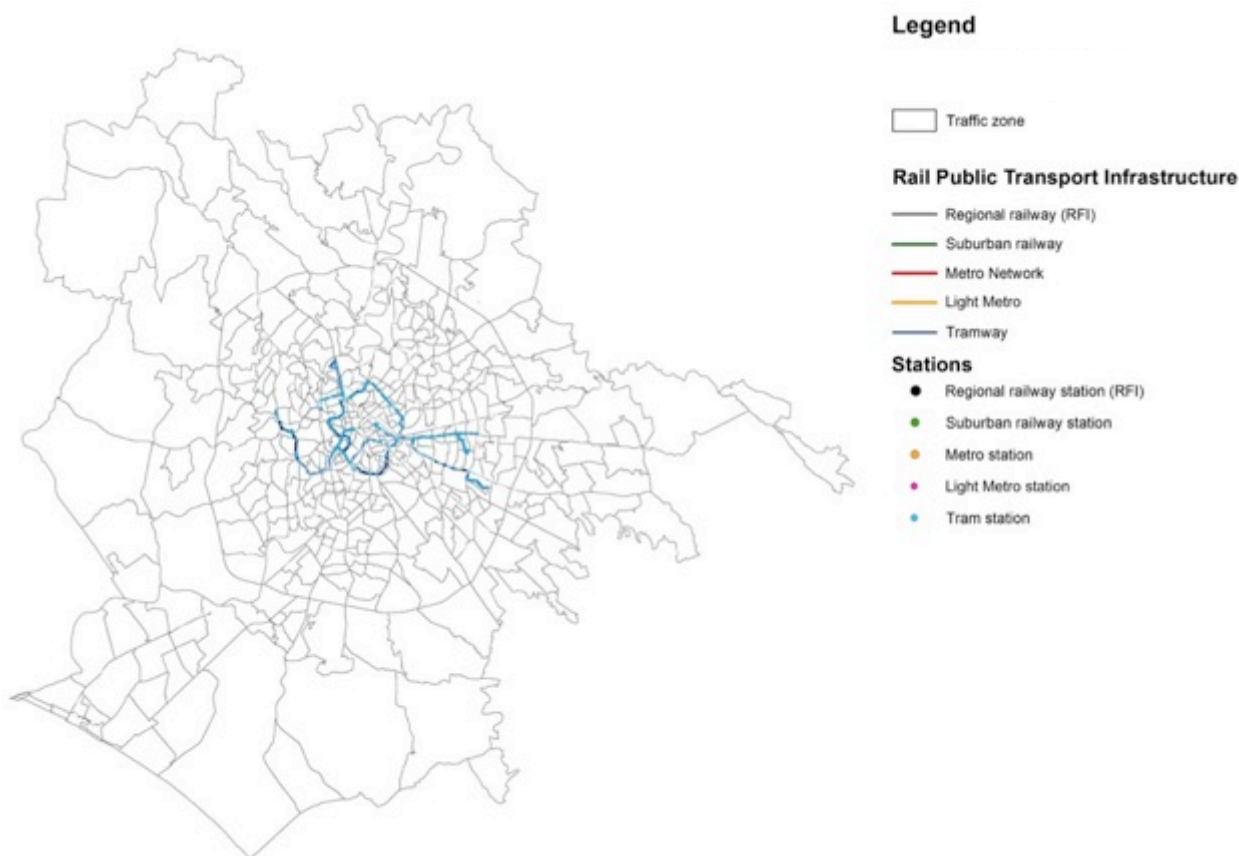


Figura 7: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

Linee	Percorso	Lunghezza totale [Km]	Lunghezza nuovi tratti [Km]	Fermate tot [n°]
Linea 2	Piazza Mancini - Piazzale Flaminio	2,7	-	15
Linea 3	Piazza Thorvaldsen - Stazione Trastevere	14,5	1,2	82
Linea 5	Stazione Termini - Piazza dei Gerani	7,2	-	45
Linea 8	Piazza Venezia - Via del Casaleto	9,3	3,5	58
Linea 14	Stazione Termini - V.le Palmiro Togliatti	7,5	-	37
Linea 19	Piazza dei Gerani – P.za Risorgimento	14,7	0,4	92
Linea ?	Stazione Termini –T. Spaccata	9,2	9,2	54
Tram distributore		4,8	4,8	33
Linea ?	San Giovanni – Piramide	3,8	3,8	20

Tabella 5: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

1.2 Interventi sullo stock immobiliare

Lo scenario Compatto_02_C è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo compatto della città caratterizzata da elevati valori di densità residenziale e mix funzionale nelle aree di intervento. In tale scenario gli 11,6 milioni di metri quadri di nuova superficie residenziale sono stati ridistribuiti tra 55 zone di traffico della seconda e terza corona. In accordo con lo scenario di base, significative porzioni di tali aree sono attualmente già urbanizzate, con valori di densità residenziale relativamente elevati. Pertanto, al fine di creare un tessuto urbano altamente compatto, sono stati ipotizzati interventi di sostituzione edilizia e infill development. Escludendo le zone di traffico attualmente destinate a verde pubblico, i circa 11,6 milioni di metri quadri di SUL sono stati distribuiti in maniera proporzionale alla densità esistente.

In tabella 6 sono riportate le variazioni di SUL residenziale per le cinque corone in cui è suddivisa l'area di studio. E' inoltre riportata la variazione dell'Indice di Utilizzazione Territoriale residenziale, dato dal rapporto tra la variazione di SUL residenziale (m²) e la Superficie territoriale (ha). Le variazioni di SUL residenziale sono inoltre state convertite in variazioni del numero medio di abitazioni, considerando come dimensione media dei nuovi alloggi una superficie di 84 m². Come è possibile osservare dalla tabella, gli interventi previsti per lo scenario analizzato si distribuiscono in maniera quasi identica tra la seconda e quarta corona, in termini assoluti. Tuttavia le due corone presentano delle caratteristiche differenti nello scenario di base. La seconda corona è caratterizzata da una superficie territoriale circa quattro volte più piccola della superficie territoriale della terza corona ed al contempo presenta un tessuto urbano più fitto, e una dimensione media degli alloggi più elevata. Tali caratteristiche possono essere riscontrate osservando le variazioni di IUT residenziale (+1380 mq/ha della seconda corona contro i 450 della terza) e di numero di alloggi per ettaro (+16 della seconda contro i +5,6 della terza).

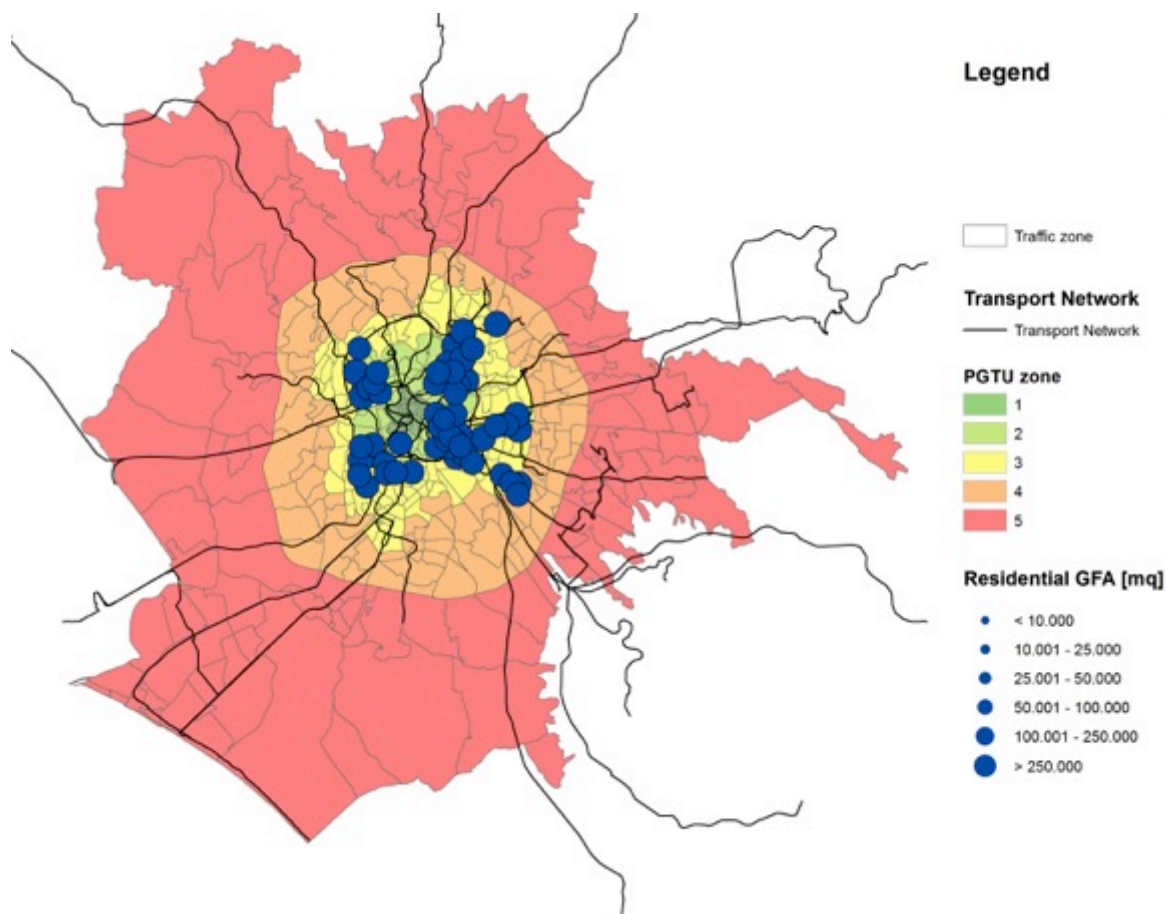


Figura 8: Interventi sullo stock immobiliare

Corone	Variazione SUL Residenziale		Variazione IUT Residenziale	Variazione Abitazioni	
	(m ²)	(%)	(m ² /ha)	(n)	(n/ha)
1	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
2	3.590.933,98	18,66%	846,52	42.749,21	10,08
3	8.051.249,02	22,03%	767,86	95.848,20	9,14
4	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
Totali	11.642.183,00	11,99%	91,33	138.597,42	1,09

Tabella 6: Variazione della SUL residenziale, del numero di abitazioni e dell'Indice di Utilizzazione Territoriale

2. Risultati della simulazione dello scenario (13_Localizzazione vs 01_zone_rif)

2.1 Analisi Sintetica dello Scenario

2.1.1 Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGTU

Dall'analisi dei dati numerici riportati di seguito, si nota un lieve incremento della *popolazione* e degli *addetti*, con le eccezioni degli *addetti ai servizi privati* i quali a seguito della simulazione diminuiscono leggermente. La maggior parte della *popolazione* e degli *addetti* si vanno a rilocalizzare nella terza corona PGTU.

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	10.683	18.911	60.488	52.916	10.632	103.968
2	49.153	141.640	394.995	180.873	32.667	343.129
3	80.627	337.605	899.092	130.995	50.081	316.754
4	47.851	214.205	528.610	92.069	38.563	232.372
5	58.594	243.162	620.452	72.307	40.103	206.209
Totale	246.908	955.523	2.503.637	529.160	172.046	1.202.432

Tabella 7: Popolazione e Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario di Base

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	9.498	15.619	50.518	50.139	9.836	100.356
2	57.879	156.472	416.792	193.894	37.287	360.759
3	99.807	435.444	1.077.177	185.570	70.747	392.200
4	45.001	183.338	469.347	84.976	35.070	221.688
5	54.358	217.379	598.155	68.890	37.212	199.830
Totale	266.542	1.008.252	2.611.988	583.469	190.152	1.274.834

Tabella 8: Popolazione e Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_02_C Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-1.185	-3.292	-9.970	-2.777	-796	-3.612
2	8.726	14.832	21.797	13.021	4.620	17.630
3	19.180	97.839	178.085	54.575	20.666	75.446
4	-2.850	-30.867	-59.263	-7.093	-3.493	-10.684
5	-4.236	-25.783	-22.297	-3.417	-2.891	-6.379
Totale	19.634	52.729	108.351	54.309	18.106	72.402

Tabella 9: Variazione di Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra gli scenari di Base e Compatto_02_C Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-11%	-17%	-16%	-5%	-7%	-3%
2	18%	10%	6%	7%	14%	5%
3	24%	29%	20%	42%	41%	24%
4	-6%	-14%	-11%	-8%	-9%	-5%
5	-7%	-11%	-4%	-5%	-7%	-3%
Totale	8%	6%	4%	10%	11%	6%

Tabella 10: Variazione percentuale di Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra gli scenari di Base e Compatto_02_C Simulato

2.1.2 Struttura della domanda come varia la matrice OD

Di seguito sono riportate le matrici OD degli spostamenti per modo e motivo tra le varie corone PGTU, dall'analisi dei dati numerici si nota che esclusivamente la terza corona PGTU è interessata in entrata da un incremento del numero di spostamenti.

	1	2	3	4	5	Totale
1	5.331	4.594	2.272	609	286	13.090
2	13.556	52.506	23.400	6.168	2.946	98.576
3	15.743	62.269	102.252	26.130	13.223	219.616
4	5.026	26.224	41.923	40.246	14.574	127.994
5	3.189	20.045	34.446	25.549	63.890	147.118
Totale	42.844	165.637	204.293	98.701	94.920	606.395

Tabella 11: Matrice OD per lo scenario di Base

	1	2	3	4	5	Totale
1	4.081	3.968	2.961	660	405	12.076
2	12.906	48.047	29.001	7.203	4.495	101.651
3	16.917	67.855	123.895	31.188	19.940	259.795
4	4.533	24.812	41.678	31.332	16.485	118.840
5	3.923	25.168	42.024	25.490	57.383	153.988
Totale	42.360	169.850	239.559	95.874	98.707	646.350

Tabella 12: Matrice OD per lo scenario Compatto_02_C

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-1.249	-23%	-625	-14%	690	30%	51	8%	119	42%	-1.014	-8%
2	-650	-5%	-4.459	-8%	5.601	24%	1.036	17%	1.548	53%	3.076	3%
3	1.174	7%	5.586	9%	21.642	21%	5.058	19%	6.717	51%	40.178	18%
4	-492	-10%	-1.413	-5%	-245	-1%	-8.914	-22%	1.910	13%	-9.153	-7%
5	734	23%	5.123	26%	7.579	22%	-59	0%	-6.508	-10%	6.870	5%
Totale	-484	-1%	4.213	3%	35.267	17%	-2.827	-3%	3.787	4%	39.956	7%

Tabella 13: Confronto tra le Matrici OD dello scenario di Base e dello scenario Compatto_02_C

2.2 Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale della Popolazione

2.2.1 Variazione Occupati di fascia alta

Si registra nell'area di studio un complessivo incremento degli *occupati di fascia alta* rispetto allo *scenario di base*. I maggiori incrementi sono localizzati nelle zone di traffico dove è prevista nuova SUL, queste zone appartengono quasi esclusivamente alla terza corona PGTU.

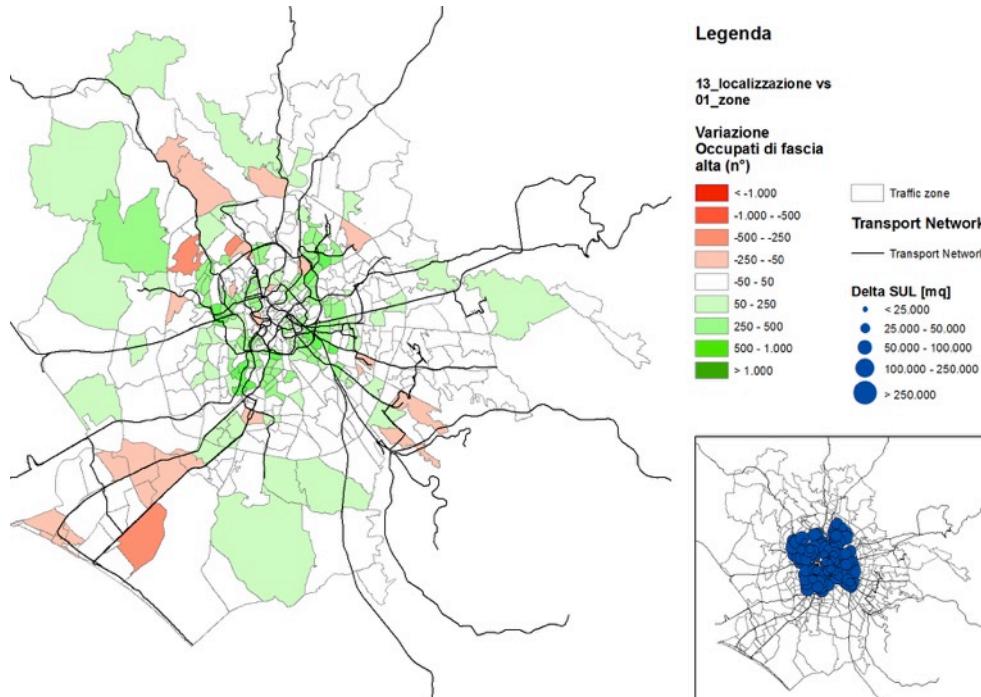


Figura 9: Variazione di Occupati di fascia alta tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C Simulato

2.2.2 Variazione Occupati di fascia bassa

Si registra nell'area di studio un complessivo incremento degli *occupati di fascia bassa* rispetto allo *scenario di base*. I maggiori incrementi sono localizzati nelle zone di traffico dove è prevista nuova SUL, queste zone appartengono quasi esclusivamente alla terza corona PGTU.

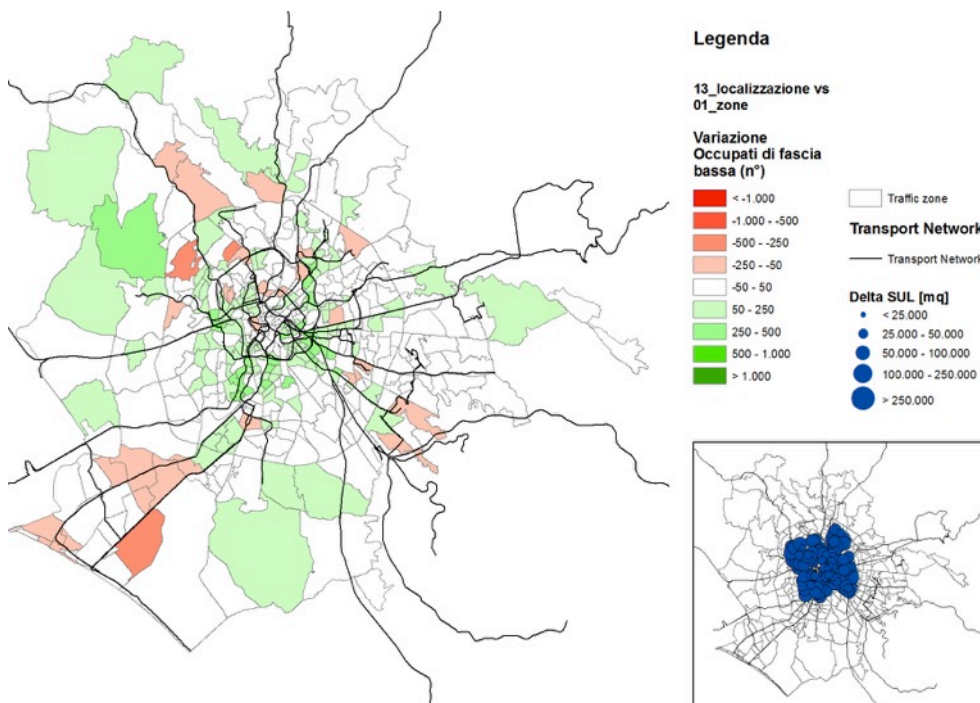


Figura 10: Variazione di Occupati di fascia bassa tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C Simulato

2.2.3 Variazione Popolazione totale

Si registra nell'area di studio un complessivo incremento della *Popolazione residente* rispetto allo *scenario di base*. I maggiori incrementi sono localizzati nelle zone di traffico dove è prevista nuova SUL, queste zone appartengono quasi esclusivamente alla terza corona PGTU.

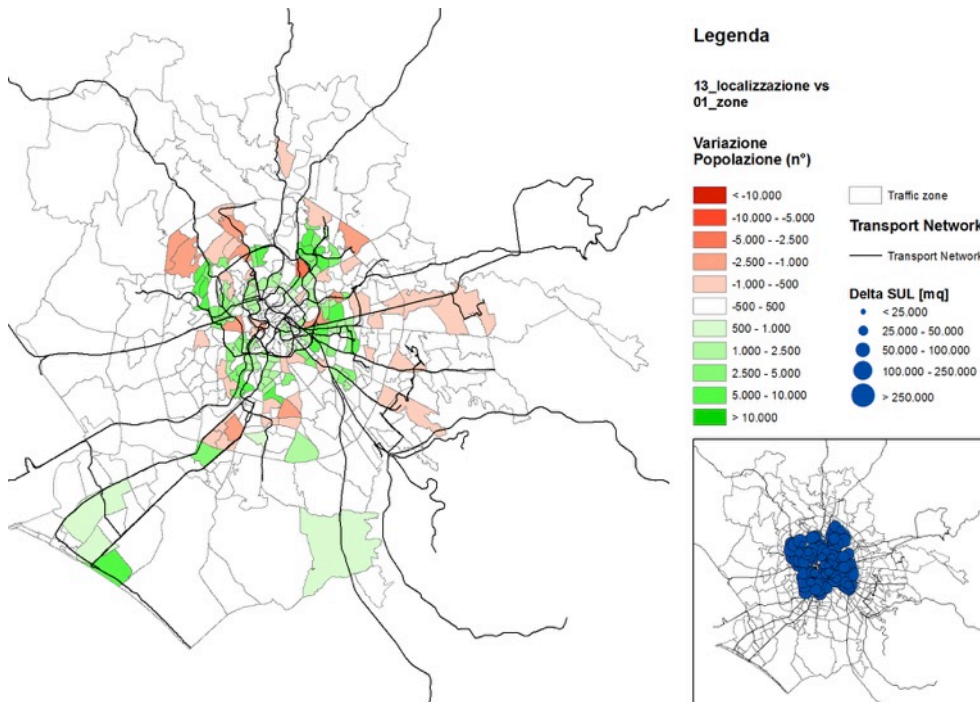


Figura 11: Variazione di Popolazione tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C Simulato

2.3 Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale degli Addetti (AddCom, AddServPri, AddTot)

2.3.1 Variazione degli Addetti al Commercio

Per gli *addetti al commercio* si può notare che la gran parte delle variazioni positive sono localizzate nelle zone di traffico appartenenti alla seconda e alla terza corona PGTU.

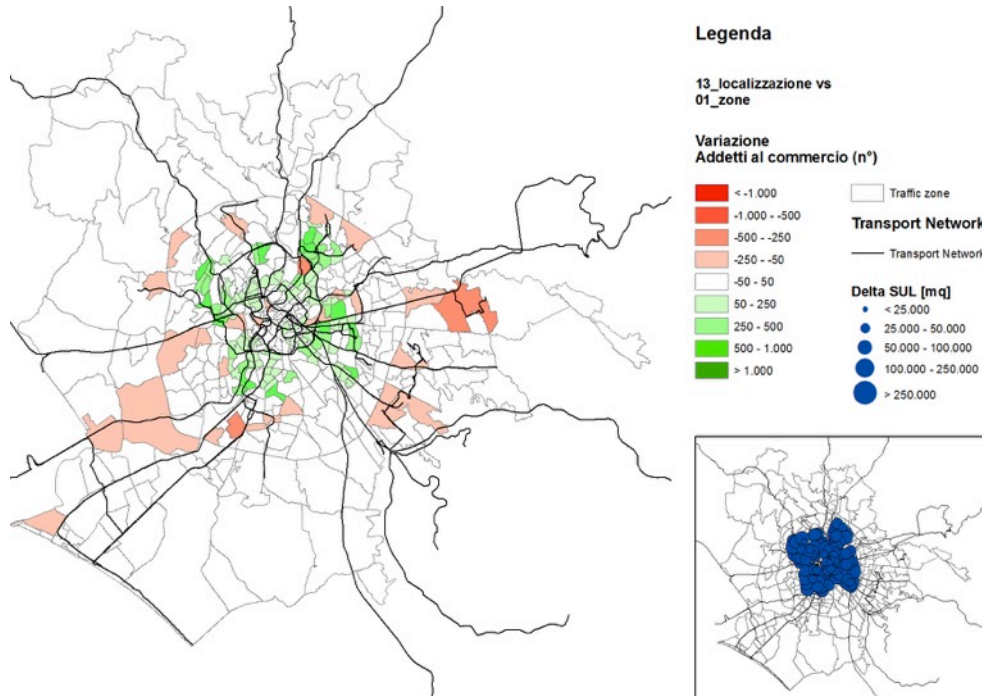


Figura 12: Variazione degli Addetti al Commercio tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C

2.3.2 Variazione degli Addetti ai Servizi Privati

Per gli *addetti ai servizi privati* come si può osservare dalla figura di seguito riportata, gli incrementi maggiori sono localizzati nelle zone di traffico appartenenti alla seconda e terza corona PGTU.

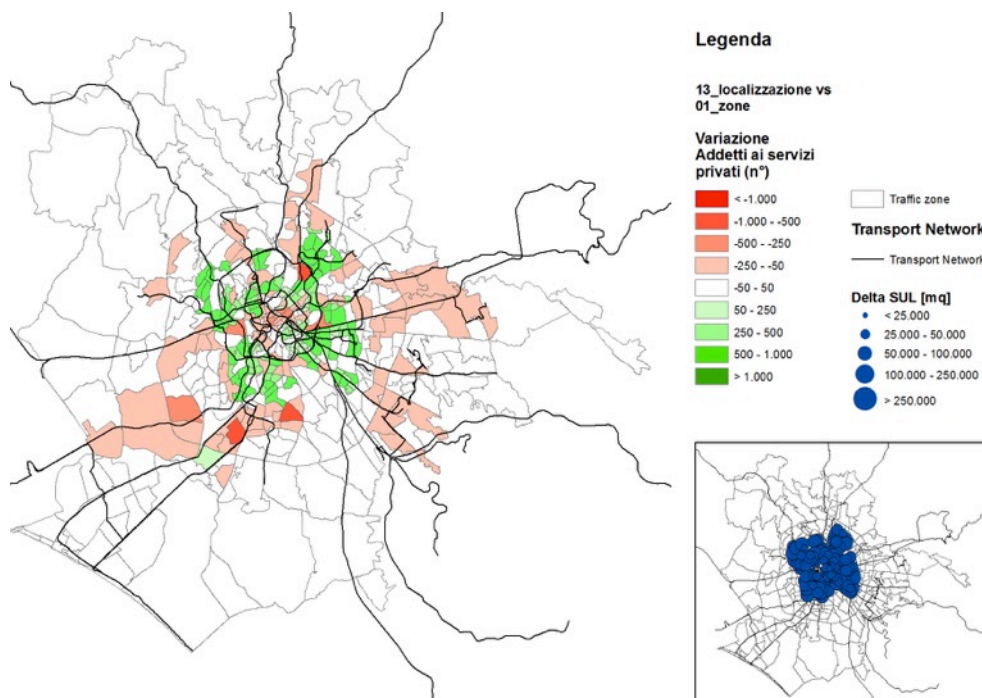


Figura 13: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C Simulato

2.3.3 Variazione Addetti Totali

Valutando i risultati ottenuti dalla simulazione relativamente agli *addetti totali* è evidente la tendenza a rilocalizzare le attività prevalentemente nelle zone di traffico appartenenti alla seconda e terza corona PGTU.

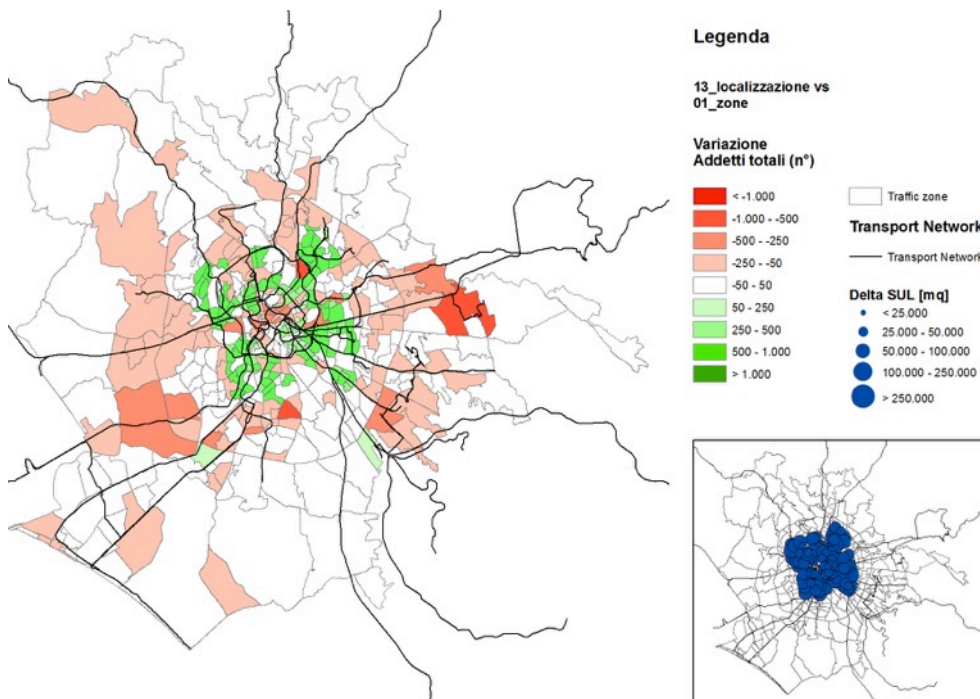


Figura 14: Variazione degli Addetti Totali tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C Simulato

2.4 Analisi di dettaglio delle variazioni delle Matrici Origine-Destinazione

Nel seguente paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dal confronto tra le Matrici OD per lo scenario di Base e lo scenario Compact_01_C Simulato. Le matrici di seguito riportate sono state suddivise in base al *motivo* dello spostamento e in base al *modo* di spostamento.

2.4.1 Motivo

I valori numerici riportati nelle seguenti matrici OD indicano gli spostamenti da e per le singole corone e sono suddivisi in due motivi principali di spostamento:

- Lavoro (LPF)
- Altri motivi (ScSup, ScUni e Altro).

2.4.1.1 Spostamenti Casa-Lavoro

I risultati numerici ottenuti indicano significativi incrementi degli spostamenti casa-lavoro con origine nella seconda e terza corona PGTU, inoltre si nota un consistente incremento degli spostamenti con destinazione nella quinta corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-920	-24%	-304	-11%	276	38%	34	11%	59	48%	-854	-11%
2	-289	-3%	-1.534	-5%	3.130	36%	1.068	33%	1.057	77%	3.432	6%
3	682	6%	5.332	14%	10.359	22%	4.529	26%	4.702	59%	25.604	21%
4	-577	-20%	-639	-5%	-270	-1%	-4.929	-18%	1.603	19%	-4.811	-7%
5	-169	-17%	816	9%	107	1%	-686	-4%	-3.128	-8%	-3.060	-4%
Totale	-1.272	-4%	3.672	4%	13.602	15%	17	0%	4.293	7%	20.312	6%

Tabella 14: Confronto Matrice OD per PGTU per il motivo lavoro tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_02_C Simulato

2.4.1.2 Spostamenti Casa-Altri Motivi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-329	-22%	-321	-18%	413	27%	17	6%	60	37%	-160	-3%
2	-361	-11%	-2.925	-15%	2.471	17%	-32	-1%	491	31%	-356	-1%
3	492	10%	254	1%	11.284	21%	529	6%	2.015	38%	14.574	15%
4	84	4%	-774	-6%	25	0%	-3.985	-31%	308	5%	-4.343	-8%
5	903	41%	4.307	38%	7.472	38%	627	7%	-3.380	-14%	9.929	15%
Totale	789	6%	541	1%	21.665	19%	-2.844	-8%	-506	-1%	19.644	7%

Tabella 15: Matrice OD per PGTU per motivo non lavoro (ScSup, ScUni e Altro) tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_02_C Simulato

2.4.2 Analisi per singolo modo di trasporto

I valori numerici riportati nelle seguenti matrici OD indicano gli spostamenti da e per le singole corone e sono suddivisi in base alla modalità di spostamento :Auto, Moto, Trasporto pubblico e a Piedi.

2.4.2.1 Auto

I risultati numerici ottenuti indicano incrementi positivi significativi per gli spostamenti casa-lavoro con destinazioni di traffico localizzate nella terza corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	0	0%	-184	-16%	2	0%	-11	-2%	65	28%	-128	-4%
2	0	0%	302	3%	2.014	16%	780	16%	1.210	50%	4.306	14%
3	0	0%	2.014	16%	8.664	21%	3.969	20%	5.701	50%	20.347	24%
4	0	0%	780	16%	-441	-2%	-2.269	-10%	1.775	14%	-156	0%
5	0	0%	2.994	28%	4.907	19%	592	3%	-2.757	-6%	5.736	6%
Totale	0	0%	5.906	14%	15.146	14%	3.059	4%	5.993	9%	30.104	10%

Tabella 16: Matrice OD per PGTU per modo auto tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_02_C Simulato

2.4.2.2 Moto

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-415	-35%	-171	-26%	-23	-11%	-14	-24%	-6	-26%	-629	-30%
2	-1.074	-23%	-535	-11%	119	7%	-39	-8%	-11	-6%	-1.540	-13%
3	-1.688	-30%	-1.415	-19%	191	4%	-809	-32%	-17	-2%	-3.738	-17%
4	-1.294	-49%	-1.751	-40%	-856	-25%	-591	-22%	-242	-23%	-4.733	-33%
5	-680	-56%	-1.293	-46%	-1.024	-37%	-813	-45%	-415	-16%	-4.224	-38%
Totale	-5.150	-34%	-5.164	-25%	-1.593	-12%	-2.266	-30%	-691	-15%	-14.865	-24%

Tabella 17: Matrice OD per PGTU per modo moto tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_02_C Simulato

2.4.2.3 Trasporto pubblico

Per questa modalità di spostamento non si registrano in ingresso e in uscita incrementi positivi significativi, ad esclusione di quelli interni alla terza corona e tra la seconda e la terza corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-361	-13%	-180	-7%	710	86%	77	92%	61	182%	307	5%
2	526	6%	-3.526	-13%	3.440	40%	295	33%	349	105%	1.085	2%
3	2.862	29%	2.767	9%	8.106	25%	1.335	30%	1.034	111%	16.105	21%
4	801	33%	462	6%	1.141	11%	-2.567	-35%	379	43%	218	1%
5	1.414	72%	3.421	54%	3.695	59%	163	9%	-1.415	-17%	7.279	29%
Totale	5.243	20%	2.944	4%	17.093	29%	-696	-5%	408	4%	24.992	14%

Tabella 18: Matrice OD per PGTU per modo trasporto pubblico tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_02_C Simulato

2.4.2.4 Piedi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-474	-33%	-90	-45%	0	0%	0	0%	0	0%	-563	-34%
2	-103	-40%	-701	-8%	29	8%	0	0%	0	0%	-774	-8%
3	0	0%	-69	-19%	4.681	21%	-58	-54%	0	0%	4.554	20%
4	0	0%	0	0%	-90	-33%	-3.268	-38%	-2	-49%	-3.360	-37%
5	0	0%	0	0%	0	0%	-1	-26%	-1.921	-19%	-1.921	-19%
Totale	-576	-34%	-859	-9%	4.620	20%	-3.327	-38%	-1.923	-19%	-2.065	-4%

Tabella 19: Matrice OD per PGTU per modo piedi tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_02_C Simulato

2.4.3 Ripartizione modale totale e (in Entrata e in Uscita) per PGTU

Nel seguente paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dal confronto tra le Matrici modali dello scenario di Riferimento e dello scenario *Compatto_02_C Simulato*, in particolare i valori numerici sono relativi al numero di spostamenti in Uscita e in Entrata dalle corone PGTU per diverso modo di trasporto.

2.4.3.1 In Uscita

Dall'analisi dei valori ottenuti dalla simulazione dello scenario si registrano incrementi degli spostamenti in uscita esclusivamente con il modo auto ed in particolare per gli spostamenti in uscita dalla terza corona PGTU.

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	3.088	2.113	6.252	1.638	13.090
2	31.265	12.067	45.485	9.758	98.576
3	97.048	21.580	78.167	22.821	219.616
4	76.304	14.034	28.670	8.985	127.994
5	100.963	11.126	24.950	10.079	147.118
Totale	308.669	60.920	183.525	53.281	606.395

Tabella 20: Ripartizione modale Scenario di Base per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	2.960	1.483	6.559	1.074	12.076
2	35.571	10.527	46.570	8.984	101.651
3	119.684	18.464	94.271	27.376	259.795
4	75.245	9.082	28.888	5.625	118.840
5	106.699	6.902	32.229	8.158	153.988
Totale	340.159	46.458	208.517	51.216	646.350

Tabella 21: Ripartizione modale Scenario Compatto_02_C Simulato per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-128	-630	307	-564	-1.014
2	4.306	-1.540	1.085	-774	3.075
3	22.636	-3.116	16.104	4.555	40.179
4	-1.059	-4.952	218	-3.360	-9.154
5	5.736	-4.224	7.279	-1.921	6.870
Totale	31.490	-14.462	24.992	-2.065	39.955

Tabella 22: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-4%	-30%	5%	-34%	-8%
2	14%	-13%	2%	-8%	3%
3	23%	-14%	21%	20%	18%
4	-1%	-35%	1%	-37%	-7%
5	6%	-38%	29%	-19%	5%
Totale	10%	-24%	14%	-4%	7%

Tabella 23: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C Simulato

2.4.3.2 In Entrata

Per la domanda di spostamenti in entrata si registrano incrementi per gli spostamenti in auto nella quinta corona e per il trasporto pubblico nella terza corona PGTU.

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	15.306	25.839	1.699	42.844
2	62.474	20.398	73.096	9.669	165.637
3	108.204	13.656	59.419	23.014	204.293
4	68.374	6.894	14.614	8.819	98.701
5	69.617	4.666	10.556	10.081	94.920
Totale	308.669	60.920	183.525	53.281	606.395

Tabella 24: Ripartizione modale Scenario di Base per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	10.156	31.082	1.122	42.360
2	69.766	15.234	76.040	8.810	169.850
3	123.350	12.063	76.512	27.634	239.559
4	71.433	5.030	13.918	5.492	95.874
5	75.610	3.975	10.964	8.158	98.707
Totale	340.159	46.458	208.517	51.216	646.350

Tabella 25: Ripartizione modale Scenario Compatto_02_C per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	-5.150	5.243	-577	-484
2	7.292	-5.164	2.944	-859	4.213
3	15.146	-1.593	17.093	4.620	35.266
4	3.059	-1.864	-696	-3.327	-2.827
5	5.993	-691	408	-1.923	3.787
Totale	31.490	-14.462	24.992	-2.065	39.955

Tabella 26: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0%	-34%	20%	-34%	-1%
2	12%	-25%	4%	-9%	3%
3	14%	-12%	29%	20%	17%
4	4%	-27%	-5%	-38%	-3%
5	9%	-15%	4%	-19%	4%
Totale	10%	-24%	14%	-4%	7%

Tabella 27: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_02_C

3. Analisi dell'elasticità del modello di simulazione (13_Loc. vs. 14_zone etc)

3.1 Variazione di Popolazione

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	10.681	18.907	60.487
2	55.209	157.908	428.410
3	94.204	374.071	974.015
4	47.852	214.203	528.612
5	58.596	243.163	620.449
Totale	266.542	1.008.252	2.611.973

Tabella 28: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_02_C non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	9.498	15.619	50.518
2	57.879	156.472	416.792
3	99.807	435.444	1.077.177
4	45.001	183.338	469.347
5	54.358	217.379	598.155
Totale	266.542	1.008.252	2.611.988

Tabella 29: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_02_C simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-1.183	-3.288	-9.969
2	2.670	-1.436	-11.618
3	5.603	61.373	103.162
4	-2.851	-30.865	-59.265
5	-4.238	-25.784	-22.294
Totale	0	0	0

Tabella 30: Variazione della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario Compatto_02_C simulato e lo scenario Compatto 01 C non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-11%	-17%	-16%
2	5%	-1%	-3%
3	6%	16%	11%
4	-6%	-14%	-11%
5	-7%	-11%	-4%
Totale	-11%	-17%	-16%

Tabella 31: Variazione percentuale della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario Compatto_02_C simulato e lo scenario Compatto_02_C non simulato

Analizzando complessivamente i risultati ottenuti dalla simulazione dello scenario *Compact_02_C* in merito alla popolazione residente nell'area di studio, si nota che è accentuata ulteriormente la tendenza per i residenti ad insediarsi

nelle zone di traffico appartenenti alla terza corona PGTU, dove è anche localizzata la disponibilità di nuova SUL prevista dallo scenario.

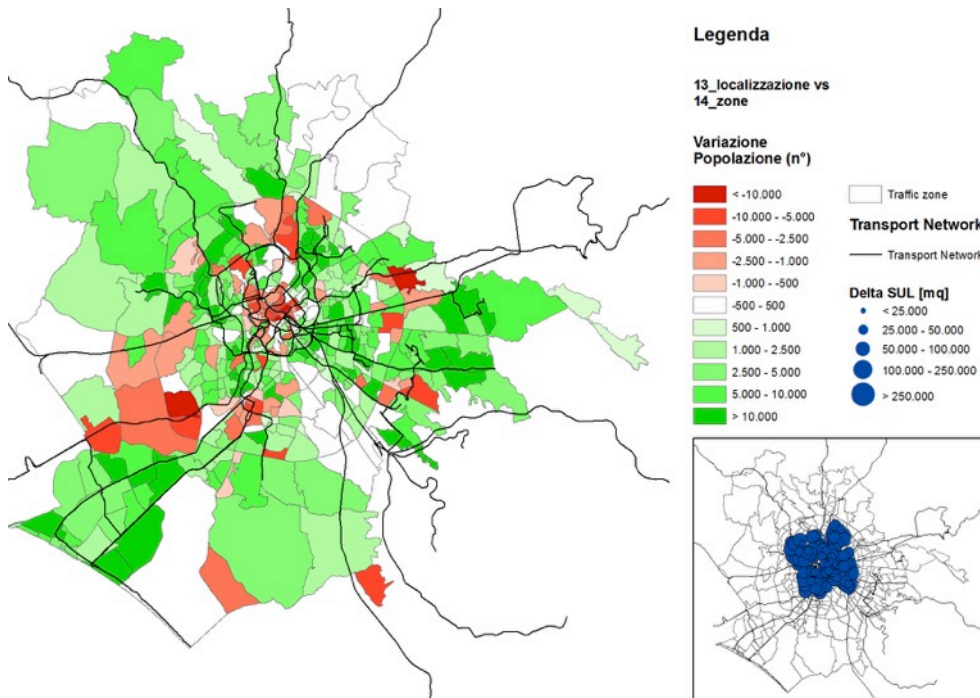


Figura 15: Variazione della popolazione residente per zona di traffico a seguito della simulazione

3.1.1 Variazione Occupati di fascia Alta

All'interno dell'area di studio si registra una diminuzione complessiva del numero di *occupati di fascia alta*, in particolare i valori negativi più significativi si registrano nella quarta e quinta corona PGTU.

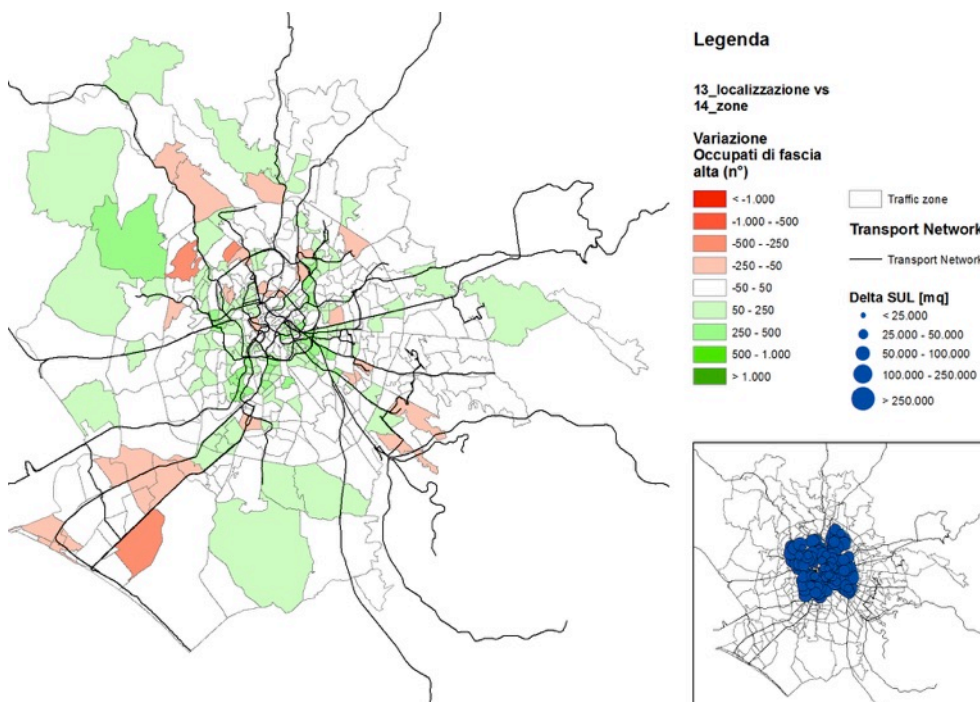


Figura 16: Variazione degli Occupati Alti per zona di traffico a seguito della simulazione

3.1.2 Occupati di fascia Bassa

Osservando la figura di seguito riportata si può notare che la maggior parte delle zone di traffico interessate da redistribuzione positiva di *Occupati di fascia bassa* a seguito della simulazione sono localizzate nella terza corona PGTU.

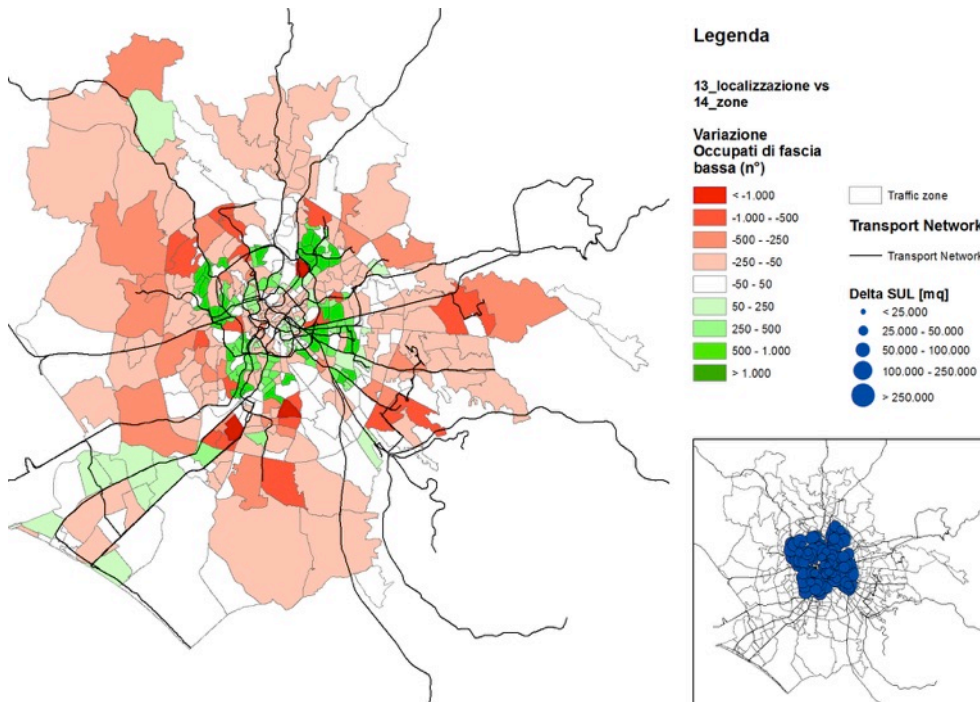


Figura 17: Variazione degli Occupati Bassi per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2 Variazione di Addetti

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	52.919	10.632	103.967
2	197.625	38.250	365.458
3	168.551	62.598	366.830
4	92.069	38.564	232.367
5	72.305	40.108	206.212
Totale	583.469	190.152	1.274.834

Tabella 32: Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario di Base

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	50.139	9.836	100.356
2	193.894	37.287	360.759
3	185.570	70.747	392.200
4	84.976	35.070	221.688
5	68.890	37.212	199.830
Totale	583.469	190.152	1.274.834

Tabella 33: Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_02_C

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-2.780	-796	-3.611
2	-3.731	-963	-4.699
3	17.019	8.149	25.370
4	-7.093	-3.494	-10.679
5	-3.415	-2.896	-6.382
Totale	0	0	0

Tabella 34: Variazione Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_02_C

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-5%	-7%	-3%
2	-2%	-3%	-1%
3	10%	13%	7%
4	-8%	-9%	-5%
5	-5%	-7%	-3%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 35: Variazione percentuale Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_02_C

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello *Scenario Compact_02_C* per gli *Addetti Totali* localizzati all'interno dell'area di studio, si può osservare dai dati numerici riportati nelle precedenti tabelle, che le corone PGTU interessate da un loro incremento, a seguito della redistribuzione effettuata dal modello, sono la seconda e la terza, mentre la quarta e la quinta corona PGTU sono interessate da una diminuzione.

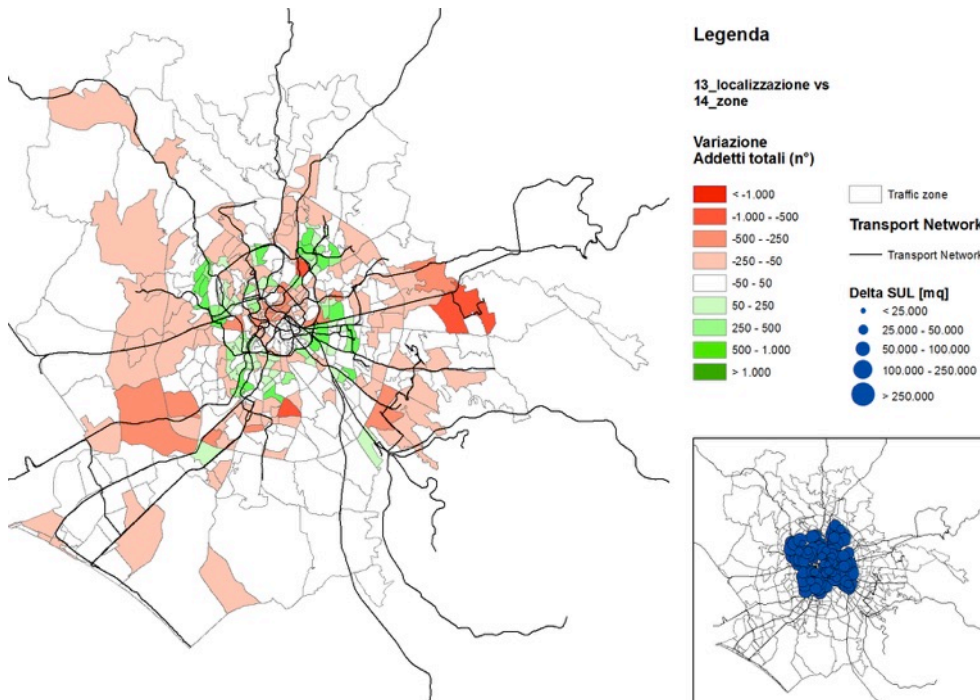


Figura 18: Variazione degli Addetti Totali per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.1 Addetti al Commercio

Con la simulazione gli *Addetti al Commercio* diminuiscono all'interno della quarta corona e all'interno della quinta corona, mentre si registrano incrementi positivi nella seconda e nella terza corona PGTU.

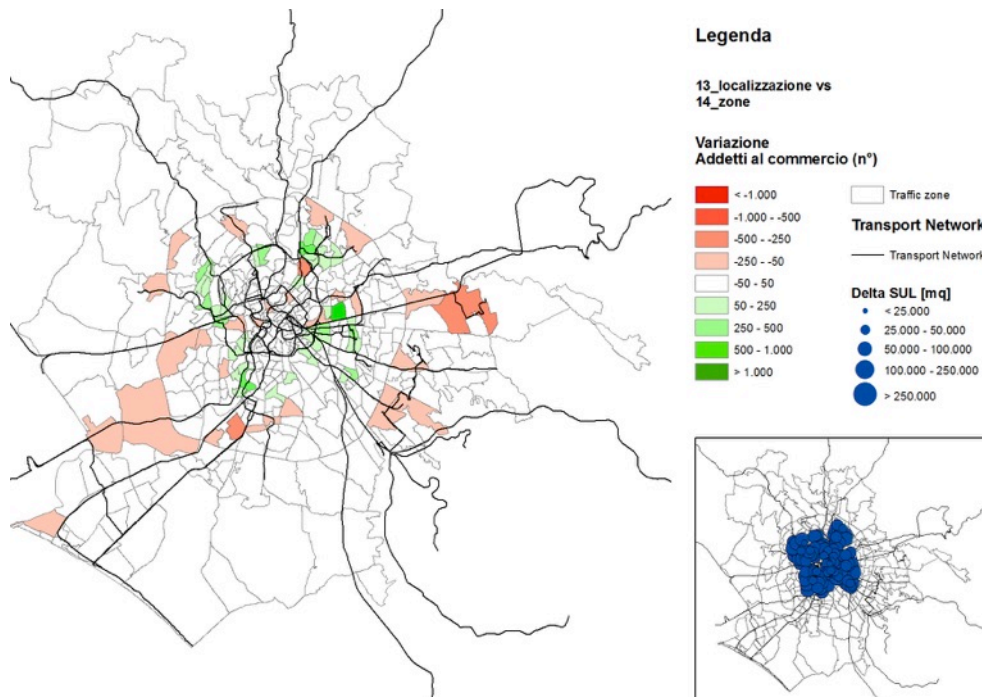


Figura 19: Variazione degli Addetti al Commercio per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.2 Addetti ai Servizi Privati

A seguito della simulazione, il modello ridistribuisce un maggiore numero di *Addetti ai Servizi Privati* nella seconda e terza corona, mentre si registra una diminuzione nelle restanti corone, in particolare nella quarta e quinta corona PGTU.

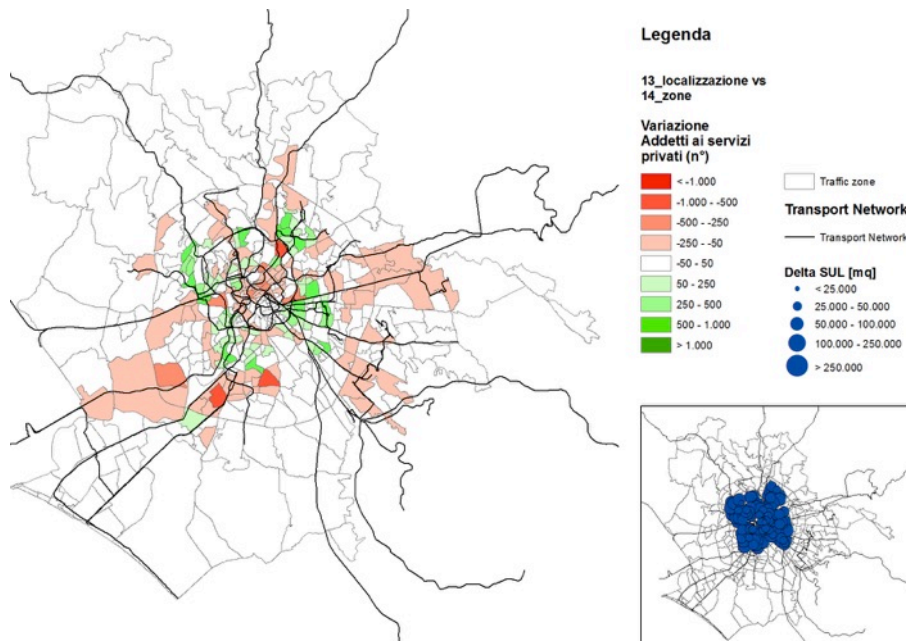


Figura 20: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati per zona di traffico a seguito della simulazione

4. Analisi di sostenibilità urbana

Gli scenari di sviluppo urbano della città di Roma sono stati valutati mediante la definizione e la stima di un set di indicatori volti a testare sistematicamente la sostenibilità ambientale, economica e sociale delle diverse alternative di sviluppo urbano. Tali indicatori sono stati calcolati per ciascuno scenario e successivamente comparati con lo scenario di base (2011) e lo scenario PRG. Nella seguente tabella si riportano gli indicatori utilizzati in questo studio suddivisi per categorie.

Sostenibilità	Indicatori	Unità di misura
Economica	Tempi medi in auto in uscita (pesati sulla domanda di mobilità)	Minuti
	Tempi medi con il tp in uscita (pesati sulla domanda di mobilità)	Minuti
	Costi totali di costruzione	Euro
Ambientale	Consumo di suolo	Metri quadri
	Residenti e posti di lavoro nel centro città	Attività/ettaro
	Spostamenti in auto, moto, tp, piedi	Utenti/ora di punta
	Share modale auto, moto, tp, piedi	%
	Veicoli.km	Km/ora di punta
	Emissioni di CO2 derivanti dall'uso dell'auto	Tonnellate/ora di punta
	Consumo di energia derivante dall'uso dell'auto	MJ/ora di punta
Sociale	Distanze medie percorse in auto in uscita (pesate sulla domanda di mobilità)	km
	Accessibilità ai posti di lavoro con l'auto	Adimensionale
	Accessibilità ai posti di lavoro con il trasporto pubblico	Adimensionale
	Diseguaglianza nella distribuzione dell'accessibilità del tp (Coefficiente di Gini)	Adimensionale

Tabella 36: Indicatori di sostenibilità ambientale, economica e sociale

Il sistema di indicatori appena descritto utilizza come input i risultati di un sistema di modelli di interazione trasporti-territorio denominato STIT (Coppola & Nuzzolo, 2011) in cui viene simulato esplicitamente non solo l'impatto che la distribuzione delle attività urbane sul territorio (prevalentemente residenze, servizi e attività commerciali) ha sulla domanda di spostamento e quindi sulle prestazioni dell'offerta di trasporto ma, anche il feedback inverso, vale a dire come le variazioni di offerta di trasporto, ovvero di accessibilità delle zone, modificano la convenienza localizzativa delle zone e quindi inducono, nel lungo periodo, variazioni della distribuzione delle residenze e di alcune attività che a loro volta inducono variazioni di domanda di spostamento. Il sistema di modelli in questione è stato applicato in diversi contesti territoriali per la previsione degli impatti di lungo periodo che alcune modifiche significative dell'offerta di trasporto (ad esempio la realizzazione di nuove strade e/o di linee metropolitane) hanno sulla domanda di mobilità in un ambito urbano (Nuzzolo & Coppola, 2007; Coppola et al., 2013; Coppola et al., 2014)

4.1 Sostenibilità economica

Per quanto concerne la dimensione economica della sostenibilità si è provveduto in primo luogo alla definizione di indicatori rappresentativi delle performance delle reti di trasporto, quali i tempi medi di spostamento in uscita per auto

T_{medio}^{auto} e trasporto pubblico T_{medio}^{tp} , pesati rispetto alla domanda di mobilità d_{od} :

$$T_{medio}^{auto} = \sum_o \frac{\sum_d t_{od}^{auto} \cdot d_{od}^{auto}}{\sum_d d_{od}^{auto}}$$

$$T_{medio}^{tp} = \sum_o \frac{\sum_d t_{od}^{tp} \cdot d_{od}^{tp}}{\sum_d d_{od}^{tp}}$$

$$t_{od}^{tp} = t_{od}^{attesa} + t_{od}^{bordo} + t_{od}^{trasbordo}$$

Una riduzione dei tempi di spostamento nelle aree urbane è infatti generalmente associata ad un incremento della produttività delle imprese presenti sul territorio, vista l'incidenza dei costi di trasporto sul costo di produzione di beni e servizi (Small, 2013). Una riduzione dei tempi di spostamento può avere anche impatti positivi sulla produttività degli individui. In particolar modo una riduzione dei costi del pendolarismo permette agli individui di disporre di più tempo da dedicare ad un secondo lavoro o ai propri bisogni, organizzare la giornata in maniera più flessibile con meno stress, e dunque essere più produttivi (Shires e De Jong, 2009).

In tabella 37 sono riportati i tempi medi di spostamento per auto e trasporto pubblico per le cinque corone concentriche in cui è stata suddivisa l'area di studio. Sono state valutate inoltre le variazioni percentuali rispetto allo scenario di Base e rispetto allo scenario PRG_C. Sia i tempi di spostamento in auto che con il trasporto pubblico aumentano a mano a mano che ci si muove dalla prima alla quinta corona. Essi risultano inoltre complessivamente minori dei corrispettivi tempi medi calcolati per lo scenario di base e per lo scenario PRG. Tuttavia se si osservano in dettaglio la variazione dei tempi auto e dei tempi relativi al trasporto pubblico è possibile verificare che nelle corone centrali, in cui sono previsti i nuovi insediamenti residenziali, si registrano tempi generalmente minori rispetto allo scenario PRG. All'opposto nella quinta corona i tempi dello scenario compatto risultano essere maggiori dei corrispettivi tempi nello scenario PRG. I residenti delle aree periferiche nello scenario compatto impiegano mediamente infatti un tempo maggiore per raggiungere le attività (luoghi di lavoro, commercio e leisure) che si concentrano prevalentemente nelle zone interne al GRA.

I tempi di spostamento in uscita in auto e con il trasporto pubblico per i tre scenari sono rappresentati in figura 21 (tempi auto) e in figura 22 (tempi trasporto pubblico).

Corona	Scenario		vs Base		vs PRG_C	
	Tempi medi auto	Tempi medi tp	Tempi medi auto	Tempi medi tp	Tempi medi auto	Tempi medi tp
	minuti	minuti	%	%	%	%
1	22,0	15,3	-18,8%	-3,9%	-3,1%	3,1%
2	22,0	19,6	-18,2%	-3,0%	-3,8%	-1,8%
3	24,3	24,0	-21,6%	-11,0%	-2,5%	-2,6%
4	25,3	32,7	-24,6%	-9,0%	-1,0%	0,8%
5	35,6	48,8	-23,0%	-2,7%	7,7%	7,8%
scenario	27,8	27,8	-23,1%	-5,7%	-2,3%	-1,5%

Tabella 37: Tempi medi in uscita per auto e tp e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

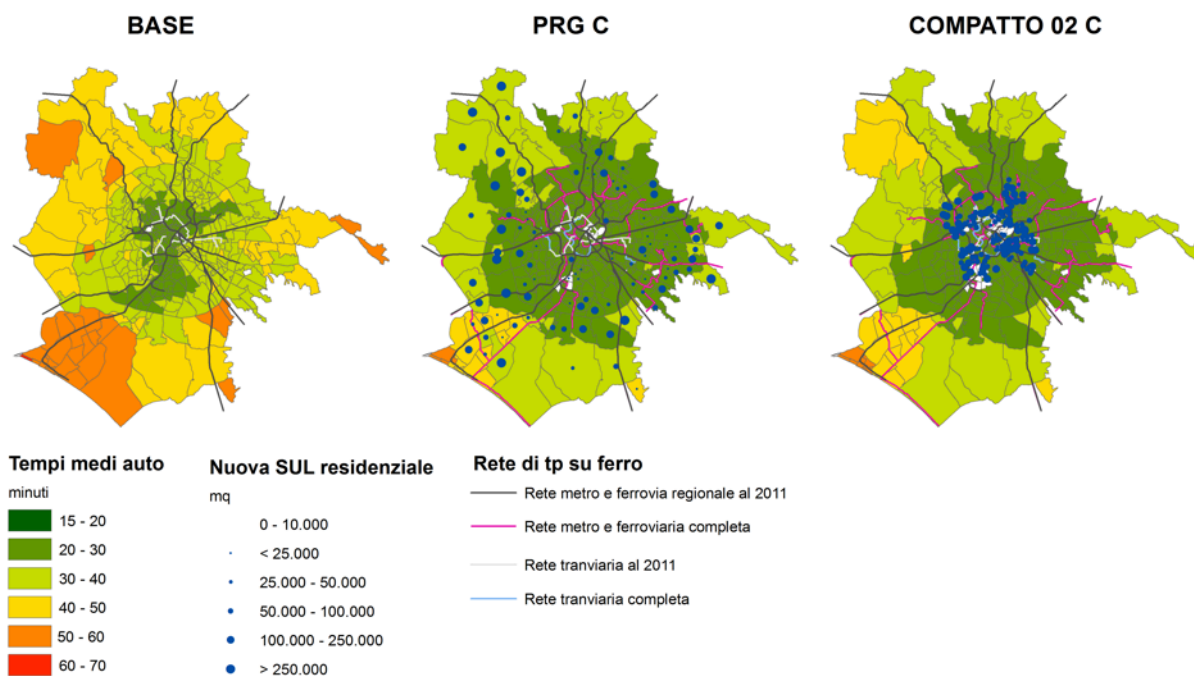


Figura 21: Tempi medi auto in uscita scenari Compatto_02_C, PRG_C e Base

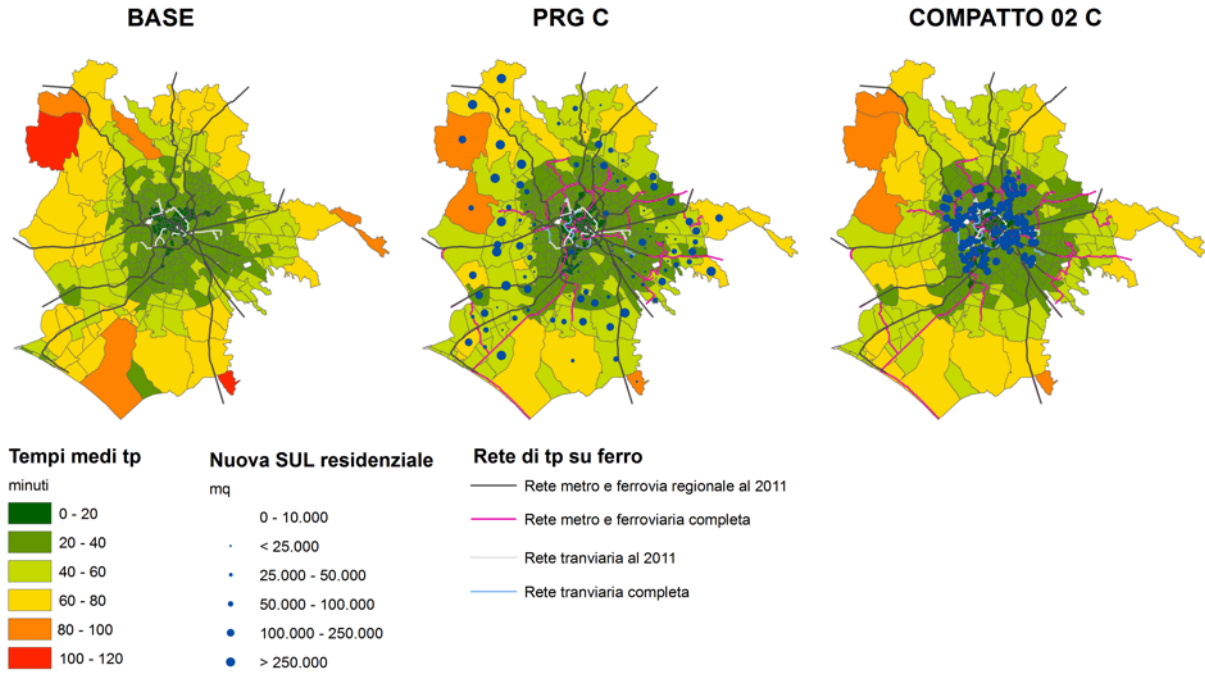


Figura 22: Tempi medi trasporto pubblico in uscita scenari Compatto_02_C, PRG_C e Base

Un ulteriore indicatore economico preso in considerazione è il costo di costruzione C_{costr}^{tot} per nuove infrastrutture C_{costr}^{infra} e nuovi insediamenti C_{costr}^{ins} :

$$C_{costr}^{tot} = C_{costr}^{infra} + C_{costr}^{ins}$$

Il costo di costruzione delle infrastrutture è stato stimato attraverso un'analisi parametrica. Per ciascuna tipologia di infrastruttura considerata, il costo è ottenuto moltiplicando la lunghezza dell'infrastruttura viaria l_{infra} per il corrispettivo costo unitario c_{costr}^{infra} :

$$C_{costr}^{infra} = l_{infra} \cdot c_{costr}^{infra}$$

$$c_{costr}^{infra} = f(\text{tipologia infrastruttura})$$

Per i costi unitari della rete metropolitana e della rete di tram si è fatto riferimento ai documenti redatti dal CIPE, dalla Camera dei Deputati e dalla società Roma Metropolitane (CIPE; 2004; Camera dei Deputati, 2009; Roma Metropolitane, 2012). Per i costi di realizzazione delle strade si è fatto riferimento ad uno studio prodotto dall' Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici (AVCP, 2006).

Il costo degli insediamenti si compone di tre voci: i) costi di costruzione propri¹; ii) costi di acquisizione dei suoli e iii) costi di urbanizzazione:

$$C_{costr}^{ins} = C_{propri} + C_{acq.suoli} + C_{urb}$$

¹ Costi di realizzazione del manufatto edilizio comprensivi di spese generali ed utili delle imprese.

I costi di costruzione propri sono stati stimati in maniera parametrica, moltiplicando la Superficie Utile Lorda *SUL* per il corrispettivo costo unitario c_{costr}^{ins} , quest'ultimo funzione della tipologia edilizia considerata:

$$SUL \cdot c_{costr}^{ins}$$

$$c_{costr}^{ins} = f(\text{tipologia edilizia})$$

I costi di costruzione unitari per le diverse tipologie edilizie sono stati ricavati dal Bollettino Prezzi Tipologie Edilizie (Colleggio degli Ingegneri ed Architetti di Milano, 2012).

I costi di acquisizione dei suoli sono stati stimati tenendo conto delle Superfici Territoriali *ST* da acquisire per la realizzazione della trasformazione immobiliare. I costi dei suoli al mq $c_{acq.suoili}^{mq}$ variano in funzione della localizzazione e sono stati definiti a partire da un'indagine di mercato sui valori dei suoli edificabili condotta dal gruppo di ricerca nel 2014.

$$C_{aq-suoli} = ST \cdot c_{acq.suoili}^{mq}$$

$$c_{acq-suoiili}^{mq} = f(\text{localizzazione})$$

I costi di urbanizzazione sono stati stimati come una aliquota dei costi di costruzione. Tale aliquota è minima per le aree già urbanizzate o parzialmente urbanizzate, mentre è massima per le aree periferiche in cui i costi di realizzazione delle infrastrutture civili sono generalmente più elevati (Hortas-Rico & Solé-Ollé, 2010).

$$C_{urb} = k \cdot C_{propri}$$

$$0.05 < k < 0.2$$

$$k = f(\text{localizzazione})$$

In tabella 38 vengono riportati i costi di costruzione che risultano essere del 4% minori dei costi dello scenario PRG_C. Questa differenza è dovuta al minore consumo di suolo e dunque a minori costi di acquisizione dei terreni.

Scenario			vs PRG_C
Costi edilizia	Costi infrastrutture	Costi totali	Costi totali
Mil. Euro	Mil. euro	Mil. euro	%
9.300.837.091	13.437.154.120	22.737.991.211	-3,9%

Tabella 38: Costi per la realizzazione di nuovi insediamenti e nuove infrastrutture e confronto con lo scenario PRG_C

4.2 Sostenibilità ambientale

La componente ambientale della sostenibilità è stata misurata in primo luogo in termini di consumo di suolo, ovvero valutando la perdita di aree libere necessarie alla realizzazione delle nuove infrastrutture C_{suolo}^{infra} e dei nuovi insediamenti C_{suolo}^{ins} :

$$C_{suolo}^{tot} = C_{suolo}^{infra} + C_{suolo}^{ins}$$

Il consumo di suolo per la realizzazione di infrastrutture di trasporto è stato calcolato come il prodotto della lunghezza dell'infrastruttura di trasporto considerata l_{infra} per la larghezza della sezione s_{infra} . Quest'ultima differenziata in funzione della tipologia di infrastruttura di trasporto presa in considerazione. Il consumo di suolo per la realizzazione dei nuovi insediamenti è funzione delle tipologie edilizie considerate:

$$C_{suolo}^{ins} = f(\text{tipologia edilizia})$$

In tabella 39 è riportato il consumo di suolo per lo scenario in analisi ed un confronto con lo scenario PRG_C. Il consumo di suolo dello scenario Compatto risulta essere minore dell'11% rispetto allo scenario PRG_C in virtù delle tipologie edilizie presenti, caratterizzate da un numero maggiore di piani (a parità di SUL totale).

Scenario			vs PRG_C
<i>C. suolo edilizia</i>	<i>C. suolo infrastrutture</i>	<i>C. suolo totale</i>	<i>C. suolo totale</i>
Mil. mq	Mil. Mq	Mil. mq	%
1.316.681	5.575.567	6.892.248	-11,3%

Tabella 39: Consumo di suolo per la realizzazione di nuovi insediamenti e nuove infrastrutture e confronto con lo scenario PRG_C

In secondo luogo, al fine di monitorare il livello di congestione nelle aree centrali, si è tenuto in conto delle densità medie residenziali e di addetti nelle prime tre corone dell'area di studio:

$$Densità_{centro}^{attività} = \frac{\sum_i^n Pop_i + \sum_i^n Add_i}{\sum_i^n ST_i}$$

Con Pop_i ed Add_i , rispettivamente la popolazione residente e gli addetti insediati nella generica zona i .

I risultati in tabella 40 mostrano un significativo incremento di attività nelle aree centrali sia rispetto allo scenario PRG_C. Ciò è dovuto ad una maggiore disponibilità di superfici residenziali nello scenario considerato che determina inoltre una ri-localizzazione delle attività, in particolare di quelle commerciali in prossimità delle nuove abitazioni.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>
attività/ettaro	%	%
193,6	2,9%	17,5%

Tabella 40: Densità di attività nelle prime tre corone e confronto con gli scenari PRG_C e Base

Un ulteriore indicatore ambientale è rappresentato dalle distanze percorse in auto, calcolate in termini di veicoli.km:

$$Veicoli.km = \frac{\sum_d dist_{od}^{auto} \cdot d_{od}^{auto}}{g_{occ}}$$

Per il calcolo dei veicoli.km si è considerato un grado di occupazione del veicolo g_{occ} pari a 1,67 passeggeri/veicolo (EEA, 2010).

Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Distanze totali</i>	<i>Distanze totali</i>	<i>Distanze totali</i>
veicoli.km	veicoli.km	veicoli.km
6.415.564	-15,5%	-12,2%

Tabella 41: Veicoli.km e confronto con gli scenari PRG_C e Base

Come è possibile osservare dalla tabella, lo scenario di analisi presenta una sensibile riduzione dei veicoli.km sia rispetto sia allo scenario di base che allo scenario PRG_C. Ciò è dovuto, come è intuibile anche dalla tabella 41, ad una minore distanza tra residenze e luoghi di lavoro.

A partire dai Veicoli.km, sono state stimate le esternalità ambientali associate all'uso dell'auto, calcolate in termini di emissioni di CO2 e consumi energetici:

$$Emissioni_{CO2}^{auto} = Veicoli.km \cdot k_{emissioni}$$

$$Consumi_{energia}^{auto} = Veicoli.km \cdot k_{consumi}$$

Con $k_{emissioni}$ e $k_{consumi}$ due coefficienti rappresentativi rispettivamente delle emissioni e dei consumi di CO2 per km.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Consumo energetico</i>	<i>Consumo energetico</i>	<i>Consumo energetico</i>
GJ	GJ	GJ
29.640	-15,5%	-12,2%

Tabella 42: Consumi energetici derivanti dall'uso dell'auto e confronto con gli scenari PRG_C e Base.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Emissioni CO2</i>	<i>Emissioni CO2</i>	<i>Emissioni CO2</i>
t	t	t
562	-15,5%	-12,2%

Tabella 43: Emissioni di CO2 derivanti dall'uso dell'auto e confronto con gli scenari PRG_C e Base

Oltre ai veicoli.km, sono state calcolate le distanze medie in uscita percorse in auto per le cinque corone e per l'intera area di studio:

$$Dist_{media}^{auto} = \sum_o \frac{\sum_d dist_{od}^{auto} \cdot d_{od}^{auto}}{\sum_d d_{od}^{auto}}$$

	Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Corona</i>	<i>Distanze medie auto</i>	<i>Distanze medie auto</i>	<i>Distanze medie auto</i>

	Km	%	%
1	8,9	7,5%	-6,2%
2	9,4	9,9%	-6,8%
3	11,5	13,6%	-5,9%
4	14,3	13,5%	-3,2%
5	21,1	11,3%	3,6%
scenario	14,9	10,7%	-7,9%

Tabella 44: Distanze medie in uscita percorse in auto e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

I dati riportati nelle tabelle mostrano chiaramente un incremento delle distanze medie percorse rispetto allo scenario di base ed una riduzione rispetto allo scenario PRG.

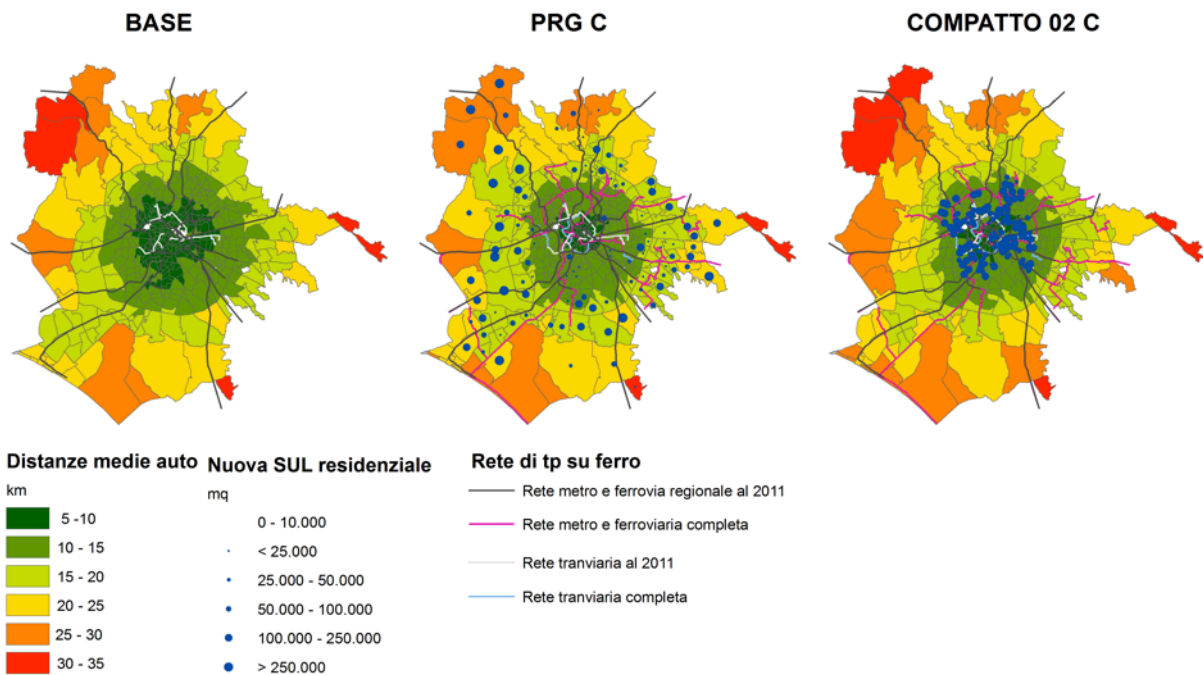


Figura 23: Distanze medie in uscita percorse in auto, scenari Compattato_02_C, PRG_C e Base

Sono stati infine calcolati gli spostamenti totali in auto e moto, con il trasporto pubblico e a piedi:

$$d_{auto} = \sum_d d_{od}^{auto}; \quad d_{moto} = \sum_d d_{od}^{moto}; \quad d_{tp} = \sum_d d_{od}^{tp} \quad ; \quad d_{piedi} = \sum_d d_{od}^{piedi}$$

Scenario			
<i>Spostamenti auto</i>	<i>Spostamenti tp</i>	<i>Spostamenti piedi</i>	<i>Spostamenti moto</i>

utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
340.159	208.517	51.216	46.458

vs Base			
<i>Spostamenti auto</i>	<i>Spostamenti tp</i>	<i>Spostamenti piedi</i>	<i>Spostamenti moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
10,2%	13,6%	-15,9%	-12,8%

vs PRG_C			
<i>Spostamenti auto</i>	<i>Spostamenti tp</i>	<i>Spostamenti piedi</i>	<i>Spostamenti moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
-10,8%	12,3%	13,1%	5,1%

Tabella 45: Spostamenti in auto, moto, trasporto pubblico e a piedi e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

e lo share modale ad essi associato (tabella 46):

$$Share_{auto} = \frac{d_{auto}}{d_{auto} + d_{moto} + d_{tp} + d_{piedi}}; Share_{moto} = \frac{d_{moto}}{d_{auto} + d_{moto} + d_{tp} + d_{piedi}}$$

$$Share_{tp} = \frac{d_{tp}}{d_{auto} + d_{moto} + d_{tp} + d_{piedi}}; Share_{piedi} = \frac{d_{piedi}}{d_{a+m} + d_{tp} + d_{piedi}}$$

Scenario			
<i>Share auto</i>	<i>Share tp</i>	<i>Share piedi</i>	<i>Share moto</i>
%	%	%	%
52,6%	32,3%	7,9%	7,2%

vs Base			
<i>Share auto</i>	<i>Share tp</i>	<i>Share piedi</i>	<i>Share moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
3,4%	6,6%	-21,1%	-18,2%

PRG_C			
<i>Share auto</i>	<i>Share tp</i>	<i>Share piedi</i>	<i>Share moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
-9,4%	14,1%	14,9%	6,8%

Tabella 46: Share modale e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

4.3 Sostenibilità sociale

La component sociale della sostenibilità è stata misurata in termini di accessibilità ai posti di lavoro con l'auto e con il trasporto pubblico. In particolare due misure di accessibilità di tipo "gravity-based" (Hansen, 1959) sono state impiegate. Tali misure rappresentano una proxy della facilità con cui i cittadini possono raggiungere i luoghi di lavoro, rispettivamente con l'auto e con il trasporto pubblico. Per la generica zona o dell'area di studio, l'accessibilità al lavoro con auto $Acc_{job,o}^{auto}$ e trasporto pubblico $Acc_{job,o}^{tp}$ è stata calcolata come (Coppola e Nuzzolo, 2011):

$$Acc_{job,o}^{auto} = \sum_d Add_d^{\alpha 1} \cdot \exp(\alpha 2 \cdot t_{od}^{auto})$$

$$Acc_{job,o}^{tp} = \sum_d Add_d^{\alpha 1} \cdot \exp(\alpha 2 \cdot t_{od}^{tp})$$

con $\alpha 1, \alpha 2$ due parametri da stimare. Tali valori sono stati aggregati per l'intera area urbano, calcolando un valore medio di accessibilità, pesato sul numero di occupati Occ_o :

$$Acc_{job,medio}^{auto} = \frac{\sum_o^n Acc_{job,o}^{auto} \cdot Occ_o}{\sum_o^n Occ_o}$$

$$Acc_{job,medio}^{tp} = \frac{\sum_o^n Acc_{job,o}^{tp} \cdot Occ_o}{\sum_o^n Occ_o}$$

L'accessibilità dell'auto va via via decrescendo dal centro alle zone periferiche. Ciò è dovuto principalmente alla concentrazione di addetti nelle aree centrali. Il fenomeno si registra anche per quanto concerne il trasporto pubblico. In questo caso all'effetto dovuto alla concentrazione di addetti si somma anche la migliore dotazione di infrastrutture di trasporto pubblico delle aree centrali e la struttura radiale della rete di trasporto su ferro. Dal confronto con gli scenari PRG_C e base si nota che l'accessibilità con l'auto è maggiore in tutte le corone. Ciò vale anche per il trasporto pubblico ed in particolare nel confronto con lo scenario di base. In quest'ultimo caso, oltre agli usi del suolo, un contributo significativo è dato dalla maggiore offerta di trasporto pubblico.

Corona	Scenario		vs Base		vs PRG_C	
	Accessibilità auto	Accessibilità tp	Accessibilità auto	Accessibilità tp	Accessibilità auto	Accessibilità tp
	adimensionale	adimensionale	%	%	%	%
1	65	74	34,4%	28,1%	5,8%	10,2%
2	58	59	37,8%	24,2%	9,4%	9,2%
3	42	48	47,4%	30,4%	5,7%	7,9%
4	36	35	51,2%	33,2%	1,4%	6,4%
5	19	23	54,6%	36,8%	-3,8%	8,1%
scenario	39	43	49,7%	33,9%	10,6%	16,6%

Tabella 47: Accessibilità al lavoro con auto e trasporto pubblico e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

Oltre agli incrementi di accessibilità al lavoro si è ritenuto opportuno analizzare la distribuzione spaziale dell'accessibilità per verificare se tali incrementi siano distribuiti più o meno equamente tra la popolazione residente. In particolare è stata fatta una stima dell'"equità orizzontale" (fairness or egalitarianism), che può essere interpretata come "fornire eguali risorse ad individui o gruppi di individui con le stesse abilità" (Delbosc e Currie, 2011). La disuguaglianza nella distribuzione dell'accessibilità è stata valutata utilizzando l'indice di Gini, calcolato con la seguente formula:

$$G = 1 - \sum_{k=1}^n (X_k - X_{k-1})(Y_k + Y_{k-1})$$

dove X_k è la percentuale cumulate della popolazione residente e Y_k la percentuali cumulate della variabile di accessibilità al lavoro con il trasporto pubblico precedentemente descritta.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
Coeff. Gini	Coeff. Gini	Coeff. Gini
adimensionale	%	%
0,18621	-39,2%	-42,0%

Tabella 48: Inequità (Coefficiente di Gini) e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

Dall'analisi del coefficiente di Gini risulta che lo scenario Compatto è il più equo. Ciò è dovuto al fatto nello scenario Compatto la maggioranza della popolazione è localizzata nelle zone interne al GRA, dove si concentra anche il maggior numero di addetti. Ne segue che la maggior parte della popolazione gode di una buona accessibilità. All'opposto nello scenario PRG_C una parte della popolazione si localizza in periferia. Pertanto, nello scenario PRG_C ci saranno alcuni residenti (quelli che vivono nelle zone intra GRA) che godono di una buona accessibilità ed altri (quelli che vivono nelle zone periferiche) che godono di una bassa accessibilità.

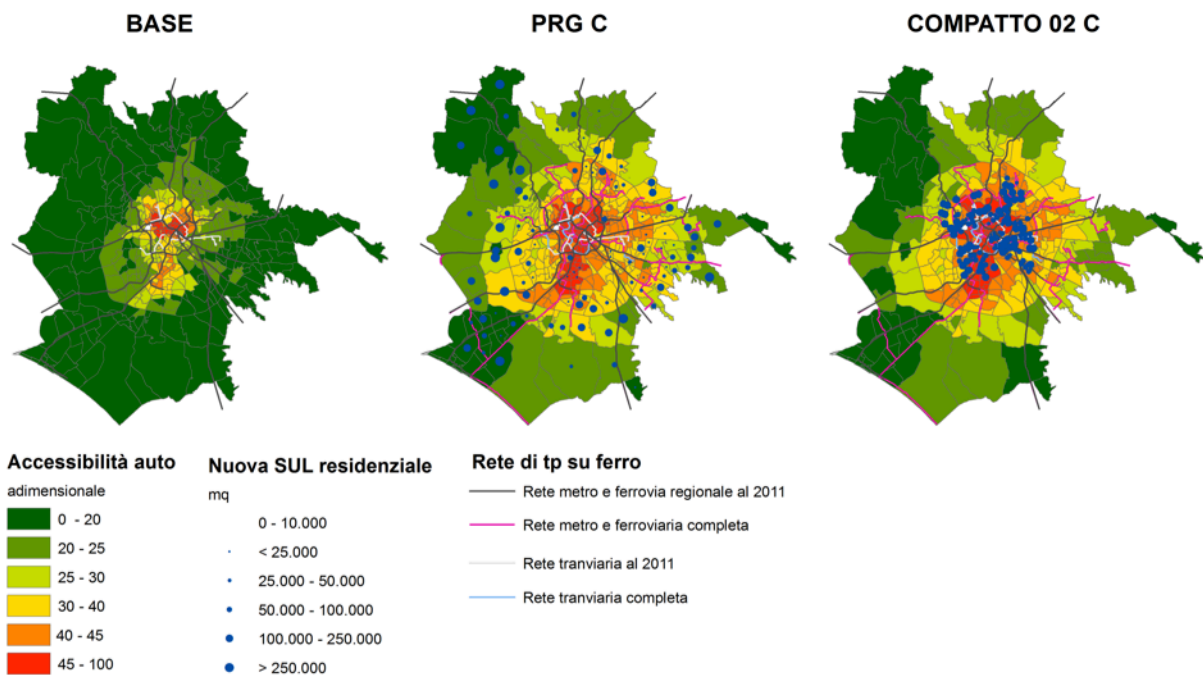


Figura 24: Accessibilità al lavoro con l'auto, scenari Compatto_02_C, PRG_C e Base

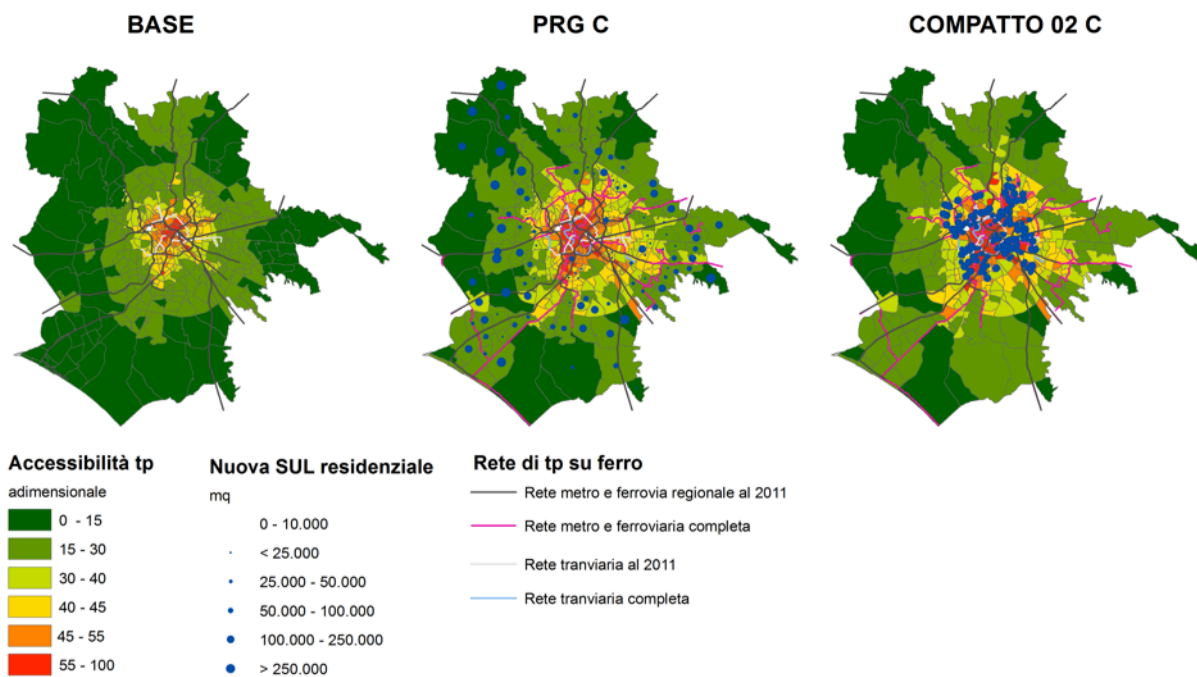


Figura 25: Accessibilità al lavoro con il trasporto pubblico, scenari Compatto_02_C, PRG_C e Base

Bibliografia

- Autorità di Vigilanza sui Contratti Pubblici (2006). La definizione dei “costi standardizzati per tipo di lavoro”. Available at: http://www.anticorruzione.it/portal/public/classic/AttivitaAutorita/Pubblicazioni/RapportiStudi/_definizioneCosti/
- Coppola, P., Ibeas, Á., dell’Olio, L., & Cordera, R. (2013). LUTI Model for the Metropolitan Area of Santander. *ASCE-Journal of Urban Planning and Development*, 139(3), 153-165. doi: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000146.
- Coppola, P., Papa, E., Angiello, G., & Carpentieri, G. (2014). Urban form and sustainability: the case study of Rome. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 160, 557-566. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.169
- Coppola P., Nuzzolo A. (2011) “Changing accessibility, dwelling price and the spatial distribution of socio-economic activities” *Research in Transportation Economics*, vol. 31, p. 63-71. doi: 10.1016/j.retrec.2010.11.009.
- Camera dei Deputati (2009). Scheda n. 104 - Sistemi Urbani - Valutazione economico-finanziaria della linea C - aggiornata a dicembre 2009.
- CIPE (2004). Delibera CIPE n. 105 del 20/12/2004 - 1° programma Opere Strategiche: la linea C della metropolitana di Roma.
- COM (2011). Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0112>.
- Delbosc, A., & Currie, G. (2011). The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1130-1137. doi:10.1016/j.jtrangeo.2011.04.005
- EEA (European Environment Agency) (2010). Occupancy rates of passenger vehicles. Available at: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/occupancy-rates-of-passenger-vehicles/occupancy-rates-of-passenger-vehicles-1>
- Hortas-Rico, M., & Solé-Ollé, A. (2010). Does urban sprawl increase the costs of providing local public services? Evidence from Spanish municipalities. *Urban Studies*, 47(7), 1513-1540. doi: 10.1177/0042098009353620
- Nuzzolo, A., Coppola P. (2007) “Accessibility and socioeconomic activities location” Proceedings of European Transportation Conference 2007, Noordwijkerhout, The Netherlands. ISBN 978-1-905701-02-5; ISSN 1 474-9122.
- Roma Metropolitane (2012). Gare aggiudicate. Available at: <http://www.romametropolitane.it/articolo.asp?CodMenu=199&CodArt=202>
- Shires, J. D., & De Jong, G. C. (2009). An international meta-analysis of values of travel time savings. *Evaluation and program planning*, 32(4), 315-325. doi:10.1016/j.evalprogplan.2009.06.010
- Small, K. (2013). *Urban transportation economics* (Vol. 4). Taylor & Francis.