

SUM SUSTAINABLE URBAN MOBILITY

Linee guida per la
mobilità sostenibile nelle
aree urbane

PRIN 2009



REPORT SCENARIO

SPRAWL_01_P

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
1.1.2.1	Rete ferroviaria regionale	3
1.1.2.2	Rete ferroviaria sub-urbana	4
1.1.2.3	Rete metropolitana.....	5
1.1.2.4	Rete metropolitana leggera.....	6
1.1.2.5	Rete tranviaria.....	7
1.2	Interventi sullo stock immobiliare.....	8
2	Risultati della simulazione dello scenario (13_Localizzazione vs 01_zone_rif).....	9
2.1	Analisi Sintetica dello Scenario.....	9
2.1.1	Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGTU	9
2.1.2	Struttura della domanda come varia la matrice OD.....	10
2.2	Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale della Popolazione	11
2.2.1	Variazione Occupati di fascia alta	11
2.2.2	Variazione Occupati di fascia bassa	11
2.2.3	Variazione Popolazione totale	12
2.3	Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale degli Addetti (AddCom, AddServPri, AddTot)	13
2.3.1	Variazione degli Addetti al Commercio	13
2.3.2	Variazione degli Addetti ai Servizi Privati.....	13
2.3.3	Variazione Addetti Totali	14
2.4	Analisi di dettaglio delle variazioni delle Matrici Origine-Destinazione	15
2.4.1	Motivo.....	15
2.4.1.1	Spostamenti Casa-Lavoro.....	15
2.4.1.2	Spostamenti Casa-Altri Motivi	15
2.4.2	Analisi per singolo modo di trasporto	16
2.4.2.1	Auto	16
2.4.2.2	Moto.....	16
2.4.2.3	Trasporto pubblico.....	17
2.4.2.4	Piedi	17
2.4.3	Ripartizione modale totale e (in Entrata e in Uscita) per PGTU	18
2.4.3.1	In Uscita.....	18

2.4.3.2	In Entrata	20
3.	Analisi dell’elasticità del modello di simulazione (13_Loc. vs. 14_zone etc)21	
3.1	Variazione di Popolazione.....	21
3.1.1	Variazione Occupati di fascia Alta	22
3.1.2	Occupati di fascia Bassa	23
3.2	Variazione di Addetti.....	24
3.2.1	Addetti al Commercio.....	26
3.2.2	Addetti ai Servizi Privati	26
4.	Analisi di sostenibilità urbana	26
4.1	Sostenibilità economica	28
4.2	Sostenibilità ambientale.....	32
4.3	Sostenibilità sociale	36
	Bibliografia	39

1 Descrizione dello scenario

Lo scenario Sprawl_01_P è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo disperso della città caratterizzato da bassi valori di densità residenziale e separazione delle diverse funzioni urbane. Gli interventi previsti sono distribuiti nelle aree periferiche della città ed in particolar modo nel quinto anello.

Lo scenario considera un'ipotesi di espansione della rete di trasporto pubblico su ferro ridotta e "realistica" rispetto all'ipotesi formulata nel Piano Regolatore Generale.

		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_01_P	
	LU_Sprawl_02		SPRAWL_02_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.

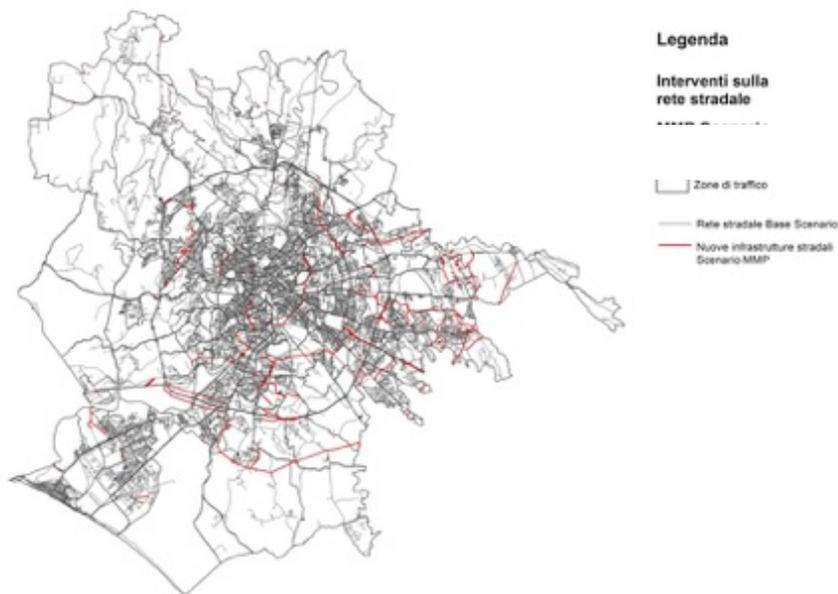


Figura 1: Nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale.

Corone PGTU	Lunghezza nuovi interventi	Distribuzione percentuale nuovi interventi per corone PGTU
	[m]	[%]
1	959	1,4%
2	1.130	1,6%
3	7.065	10,0%
4	20.217	28,5%
5	41.468	58,5%
Totale	70.839	100%

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

1.1.2 Interventi sulla rete di trasporto su ferro

Lo scenario considera un'ipotesi di espansione della rete di trasporto pubblico su ferro ridotta e "realistica" rispetto all'ipotesi formulata nel Piano Regolatore Generale. In particolare, in questo scenario sono stati selezionati solo alcuni degli interventi di trasformazione delle infrastrutture su ferro contenuti nel PRG, che sono stati ritenuti di più facile realizzazione. In totale, questo scenario prevede la realizzazione di circa 242 nuovi Km d'infrastrutture su ferro, lungo i quali sono collocate 99 nuove stazioni e/o fermate. 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.

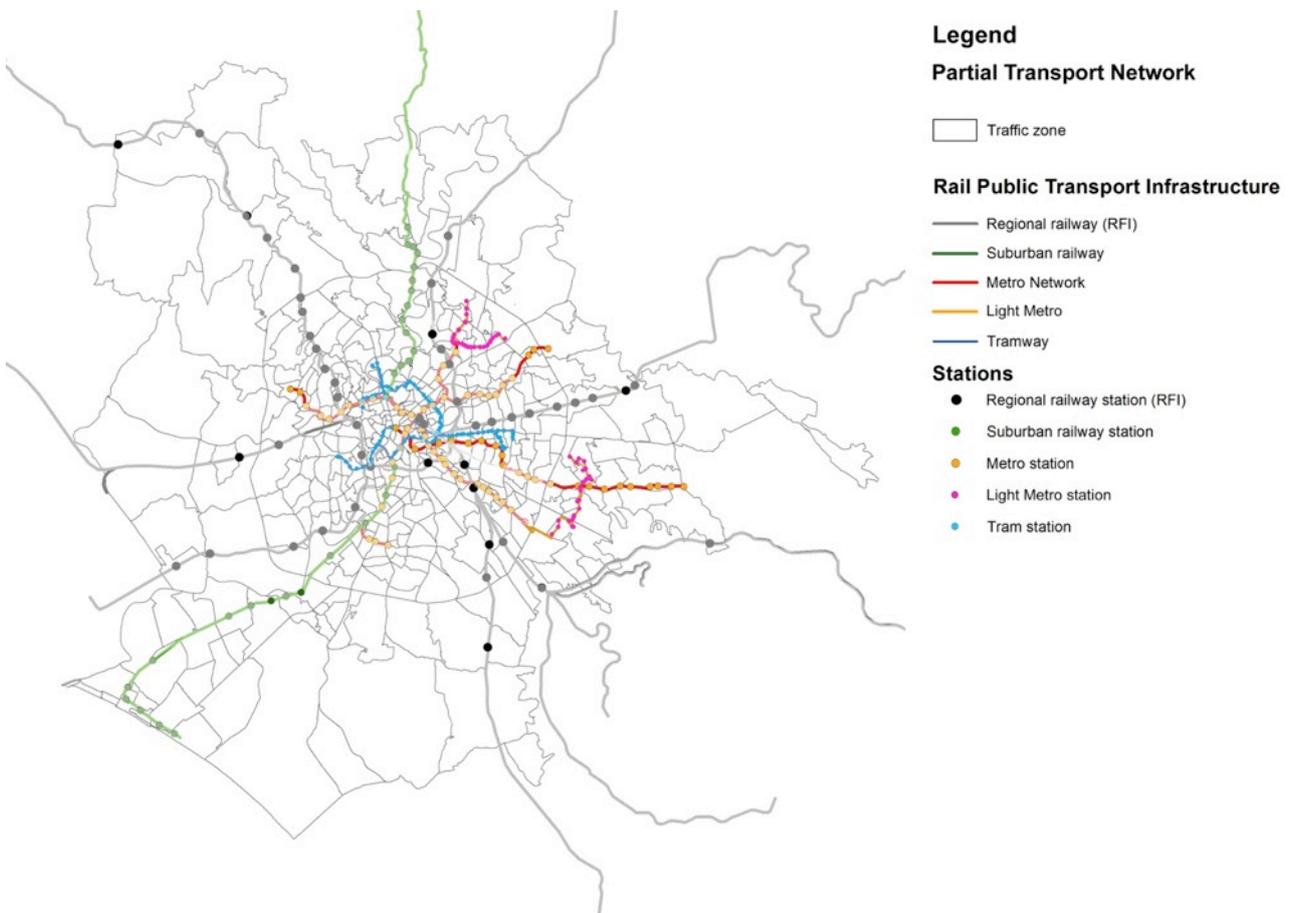


Figura 2: Mappa dei nuovi interventi sulla rete di trasporto pubblico su ferro

Di seguito per ognuna di queste tipologie di rete di trasporto pubblico su ferro è riportata una breve descrizione, con il supporto di figure e tabelle sintetiche.

1.1.2.1 Rete ferroviaria regionale

Nell'ambito degli interventi previsti sulle infrastrutture su ferro a servizio della rete ferroviaria Regionale, nello scenario infrastrutturale *Rete Parziale*, non sono previsti sostanziali interventi infrastrutturali. Gli unici interventi previsti riguardano l'apertura di nove nuove stazioni.

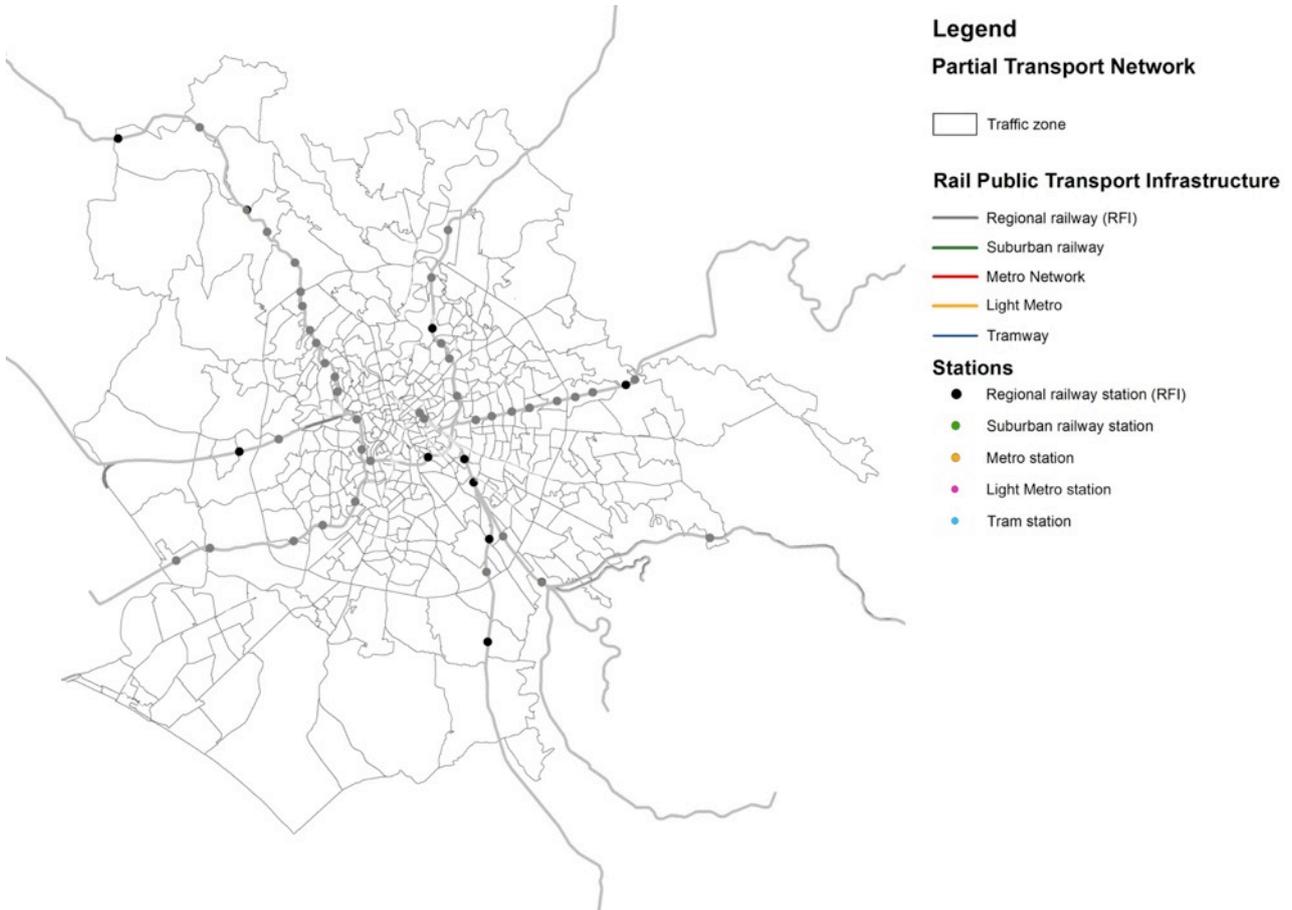


Figura 3: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete ferroviaria regionale

Nuove stazioni	Linea	Stato
Zama	FR 0	Nuova
Salario	FR 1	Rilocalizzata
Ponte di Nona	FR 2	Nuova
?	FR 3	Nuova
?	FR 4	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

1.1.2.2 Rete ferroviaria sub-urbana

Per quanto riguarda gli interventi previsti sulla rete ferroviaria suburbana, dalle attuali tre linee esistenti è prevista la dismissione della linea Roma-Giardinetti. Infatti è programmata la riconversione dell'attuale tracciato compreso tra le stazioni di Togliatti e Giardinetti nella nuova linea della metro C. Mentre per le altre due linee non sono previsti sostanziali interventi infrastrutturali, ad eccezione dell'apertura di due nuove stazioni (Mezzocammino e Casal Bernocchi) lungo la linea Roma-Lido.

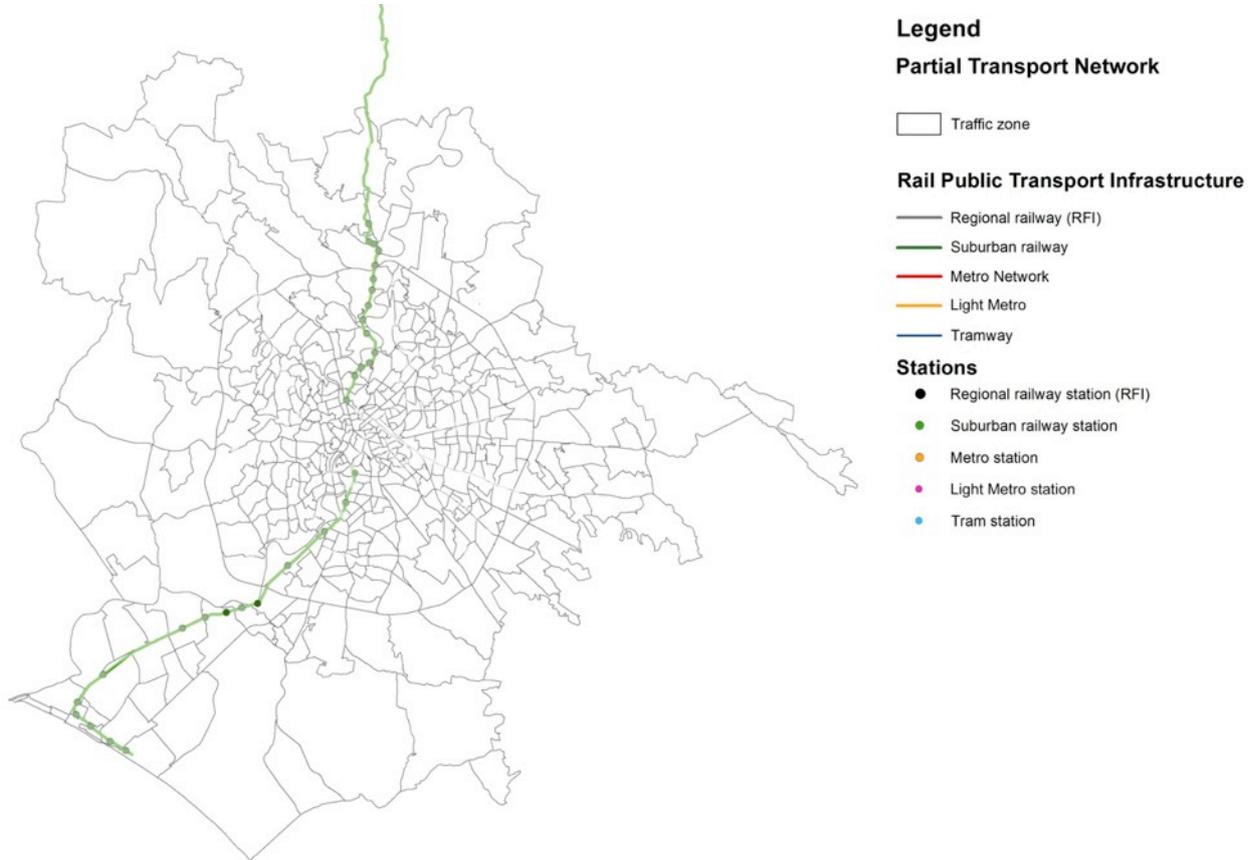


Figura 4: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete sub-urbana

1.1.2.3 Rete metropolitana

Gli interventi di potenziamento della rete metropolitana prevedono il prolungamento della linea A, B e B1 e la realizzazione della linea C dalla stazione di Pantano alla stazione Venezia. Nel complesso lo scenario MMP partial per la rete metropolitana prevede l'apertura di 85 nuove stazioni.

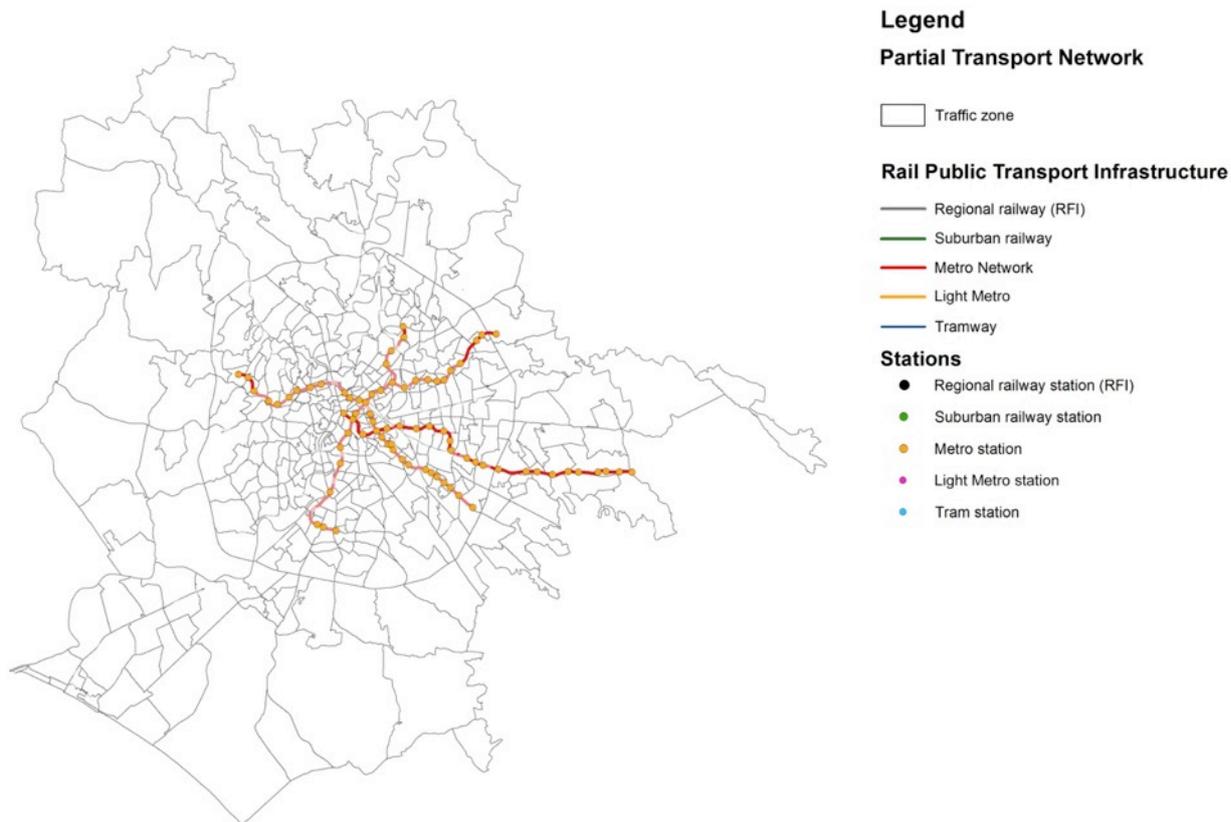


Figura 5: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

Linea	Lunghezza tot [Km]	Lunghezza nuovi tratti [Km]	Stazioni tot [n°]	Nuove stazioni [n°]
Linea A	20,2	1,8	29	2
Linea B	21,3	3,3	25	3
Linea B1	4,3	0,7	5	1
Linea C	21,0	21,0	24	24

Tabella 3: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

1.1.2.4 Rete metropolitana leggera

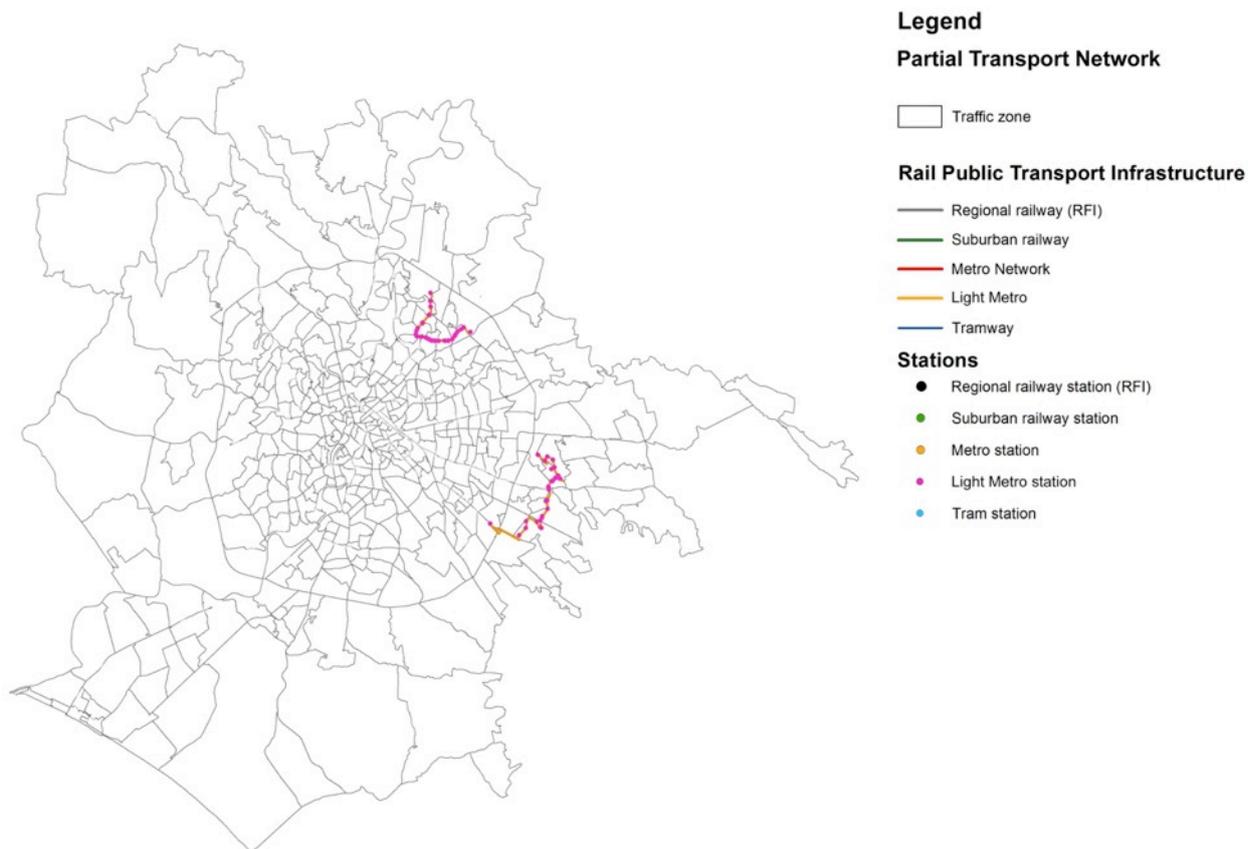


Figura 6: Mappa dei nuovi interventi infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

Linea	Lunghezza tot [Km]	Fermate tot [n°]
Linea V	7,0	48
Tor Bella Monaca - Anagnina	12,0	39

Tabella 4: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

1.1.2.5 Rete tranviaria

Non sono previsti interventi di ampliamento della rete tranviaria rispetto allo *Scenario di Base*.

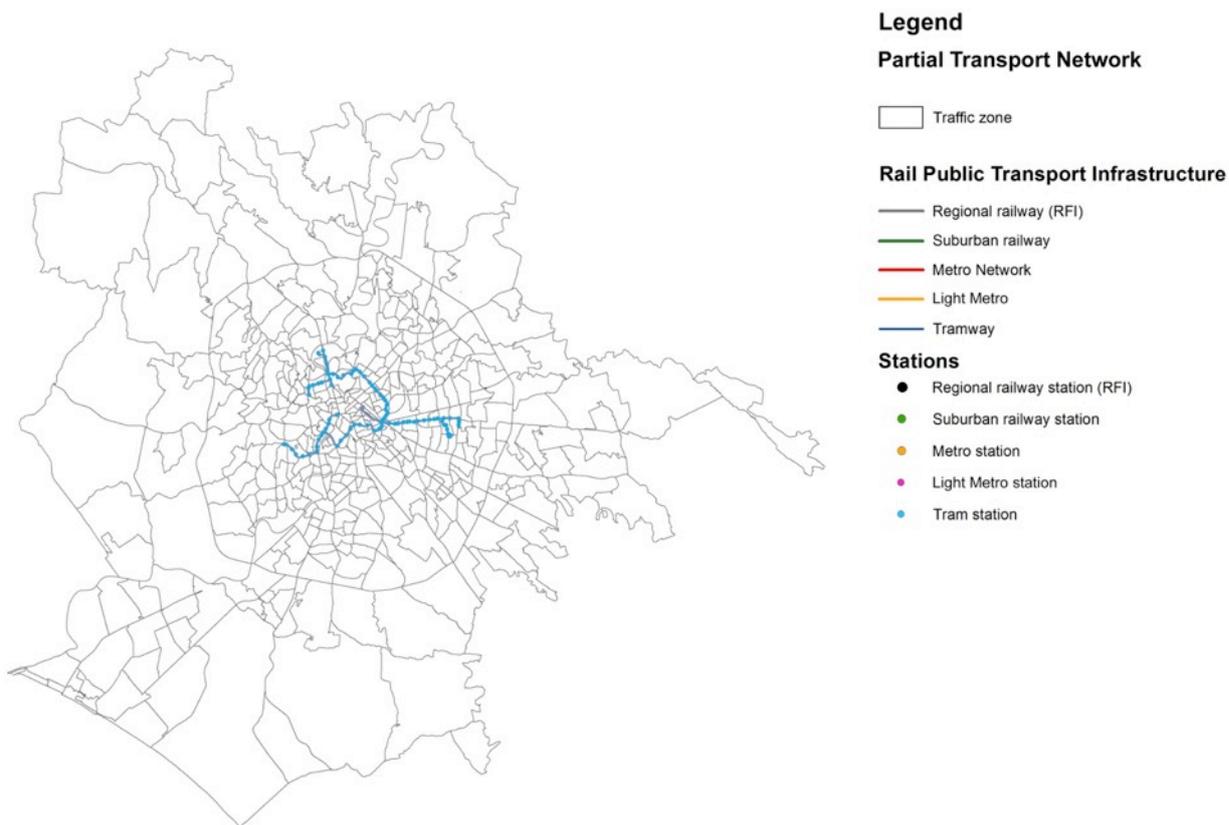


Figura 7: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

Linee	Percorso	Lunghezza linea [Km]	Numero fermate [n°]
Linea 2	Piazza Mancini - Piazzale Flaminio	2,7	12
Linea 3	Piazza Thorvaldsen - Stazione Trastevere	13,3	46
Linea 5	Stazione Termini - Piazza dei Gerani	7,2	28
Linea 8	Piazza Venezia - Via del Casaletto	5,8	15
Linea 14	Stazione Termini - V.le Palmiro Togliatti	7,5	25
Linea 19	Stazione Termini - V.le Palmiro Togliatti	14,3	54

Tabella 5: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

1.2 Interventi sullo stock immobiliare

Lo scenario Sprawl_01_P è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo urbano disperso, caratterizzato da bassi valori di densità residenziale nelle aree di intervento e separazione delle diverse funzioni urbane, nel quali gli 11,6 milioni di mq di SUL residenziali sono distribuiti nelle aree periferiche della città ed in particolar modo nel quinto anello. In accordo con lo scenario di base, tali aree sono attualmente caratterizzate da fenomeni di dispersione insediativa. In tale scenario si ipotizza che tale fenomeno accresca nei prossimi vent'anni. I caratteri attuali e passate dei processi di dispersione urbana, così come le previsioni di nuove infrastrutture stradali sono stati considerati come determinanti dello sviluppo futuro di tali aree.

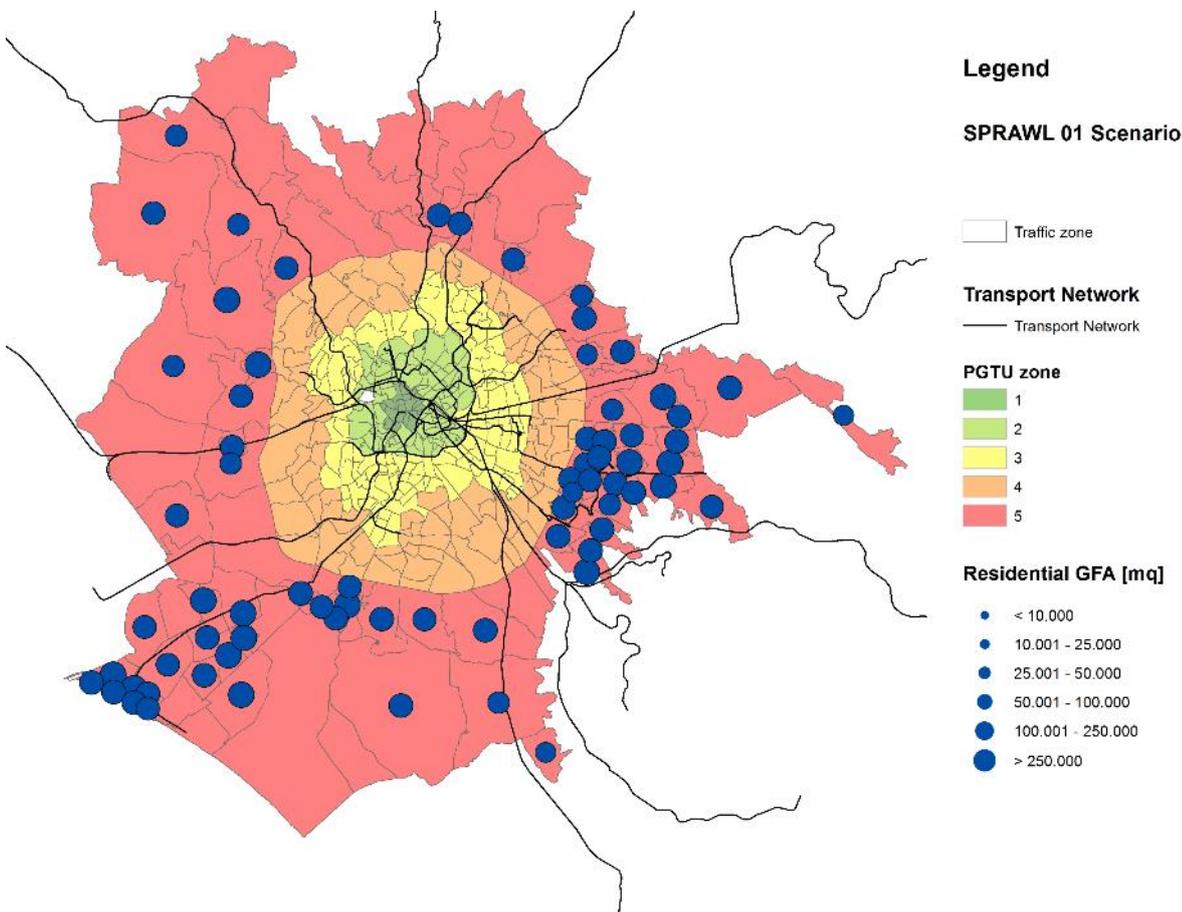


Figura 8: Interventi sullo stock immobiliare

PGTU	Variazione SUL Residenziale		Variazione IUT Residenziale	Variazione Abitazioni	
	(m ²)	(%)	(m ² /ha)	(n)	(n/ha)
1	0	0,00%	0,00	0	0,00
2	0	0,00%	0,00	0	0,00
3	0	0,00%	0,00	0	0,00
4	0	0,00%	0,00	0	0,00
5	11.642.185	57,13%	123,72	138.597	1,47
Totali	11.642.185	11,99%	90,56	138.597	1,08

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 nelle seguenti tabelle, si nota una tendenza della popolazione e degli addetti a ricollocarsi nella seconda e terza corona PGTU, dove è localizzata la nuova SUL prevista dallo scenario.

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	6.943	11.991	38.433	48.323	8.043	93.968
2	38.648	96.549	281.651	154.730	22.084	292.355
3	75.700	261.740	720.930	123.322	36.960	288.103
4	50.464	184.172	473.288	86.761	37.200	243.139
5	94.791	453.841	1.097.674	111.198	83.162	357.274
Totale	266.546	1.008.293	2.611.976	524.334	187.449	1.274.839

Tabella 8: Popolazione e Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario SPRAWL_01_P Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-3.740	-6.920	-22.055	-4.593	-2.589	-10.000
2	-10.505	-45.091	-113.344	-26.143	-10.583	-50.774
3	-4.927	-75.865	-178.162	-7.673	-13.121	-28.651
4	2.613	-30.033	-55.322	-5.308	-1.363	10.767
5	36.197	210.679	477.222	38.891	43.059	151.065
Totale	19.638	52.770	108.339	-4.826	15.403	72.407

Tabella 9: Variazione di Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra gli scenari di Base e SPRAWL_01_P Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-35%	-37%	-36%	-9%	-24%	-10%
2	-21%	-32%	-29%	-14%	-32%	-15%
3	-6%	-22%	-20%	-6%	-26%	-9%
4	5%	-14%	-10%	-6%	-4%	5%
5	62%	87%	77%	54%	107%	73%
Totale	8%	6%	4%	-1%	9%	6%

Tabella 10: Variazione percentuale di Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra gli scenari di Base e SPRAWL_01_P 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 umerici si nota che solamente la seconda, la terza e la quinta corona PGTU sono interessate da un incremento di domanda 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	4.338	3.929	2.447	653	513	11.879
2	11.960	40.575	22.199	6.412	5.112	86.259
3	15.254	56.845	88.961	26.136	20.966	208.161
4	5.290	26.825	39.889	35.080	22.686	129.770
5	4.536	30.550	48.209	35.811	101.525	220.630
Totale	41.377	158.723	201.705	104.092	150.802	656.699

Tabella 12: Matrice OD per lo scenario SPRAWL_01_P

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-993	-19%	-665	-14%	175	8%	44	7%	227	79%	-1.212	-9%
2	-1.596	-12%	-11.931	-23%	-1.201	-5%	245	4%	2.166	74%	-12.317	-12%
3	-489	-3%	-5.424	-9%	-13.291	-13%	7	0%	7.743	59%	-11.455	-5%
4	264	5%	601	2%	-2.034	-5%	-5.166	-13%	8.112	56%	1.777	1%
5	1.347	42%	10.505	52%	13.764	40%	10.262	40%	37.635	59%	73.512	50%
Totale	-1.467	-3%	-6.914	-4%	-2.587	-1%	5.391	5%	55.882	59%	50.305	8%

Tabella 13: Confronto tra le Matrici OD dello scenario di Base e dello scenario SPRAWL_01_P

2.2 Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale della Popolazione

2.2.1 Variazione Occupati di fascia alta

Le zone di traffico interessate dalle maggiori variazioni positive di *occupati di fascia alta* sono comprese nella quinta corona PGTU.

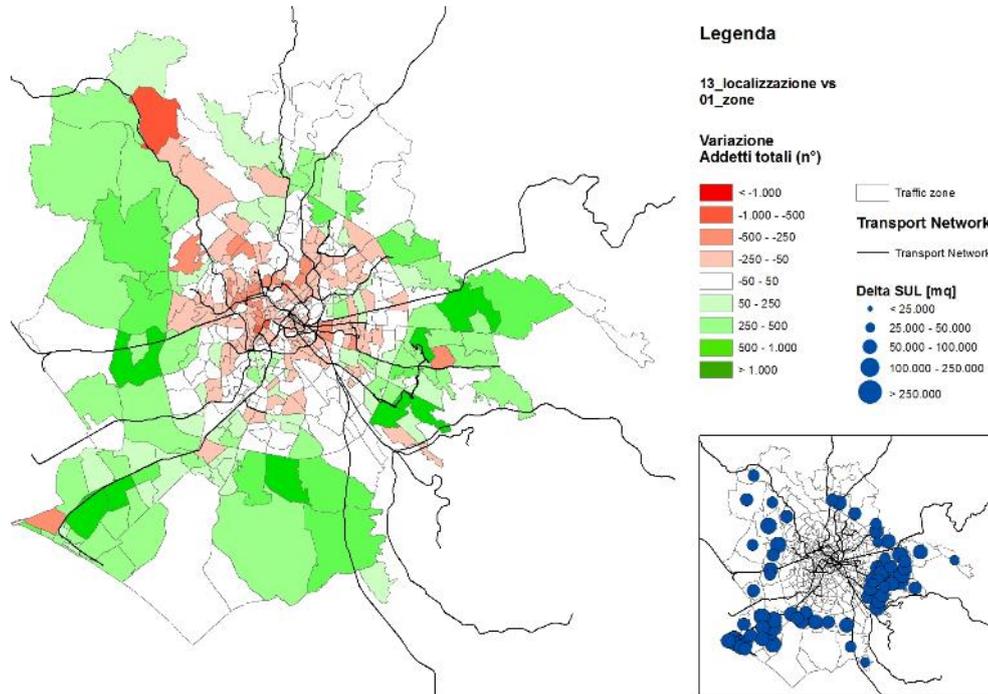


Figura 9: Variazione di Occupati di fascia alta tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P Simulato

2.2.2 Variazione Occupati di fascia bassa

Anche per gli *occupati di fascia bassa* è evidente una forte tendenza a ricollocarsi nelle zone di traffico più periferiche, appartenenti prevalentemente alla quinta corona PGTU.

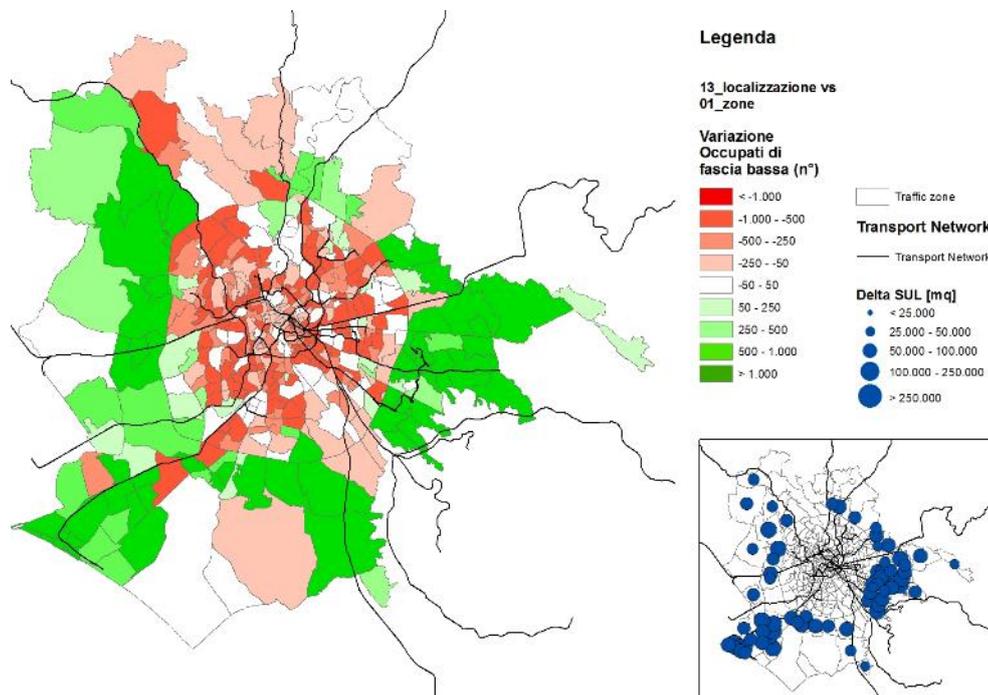


Figura 10: Variazione di Occupati di fascia bassa tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P Simulato

2.2.3 Variazione Popolazione totale

La gran parte della popolazione residente a seguito della simulazione va a rilocalizzare nelle aree periferiche, appartenenti prevalentemente alla quinta corona PGTU, in ragione della maggiore disponibilità di nuova SUL prevista dallo scenario Sparw1_01_P.

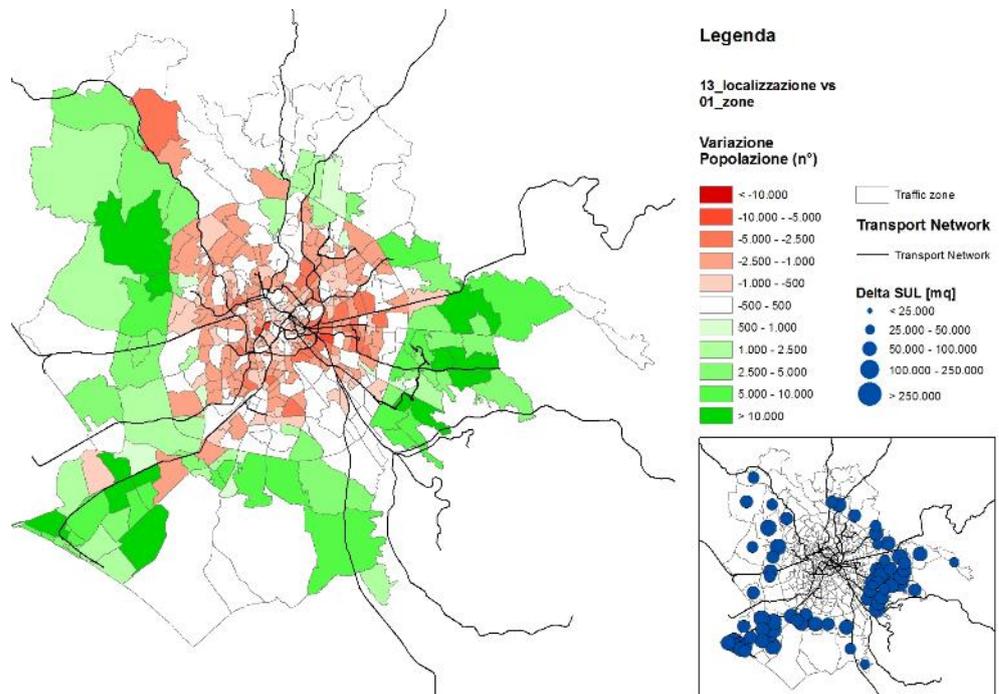


Figura 11: Variazione di Popolazione tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P Simulato

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 e negative sono localizzate nelle zone di traffico più periferiche appartenenti prevalentemente alla quinta corona PGTU.

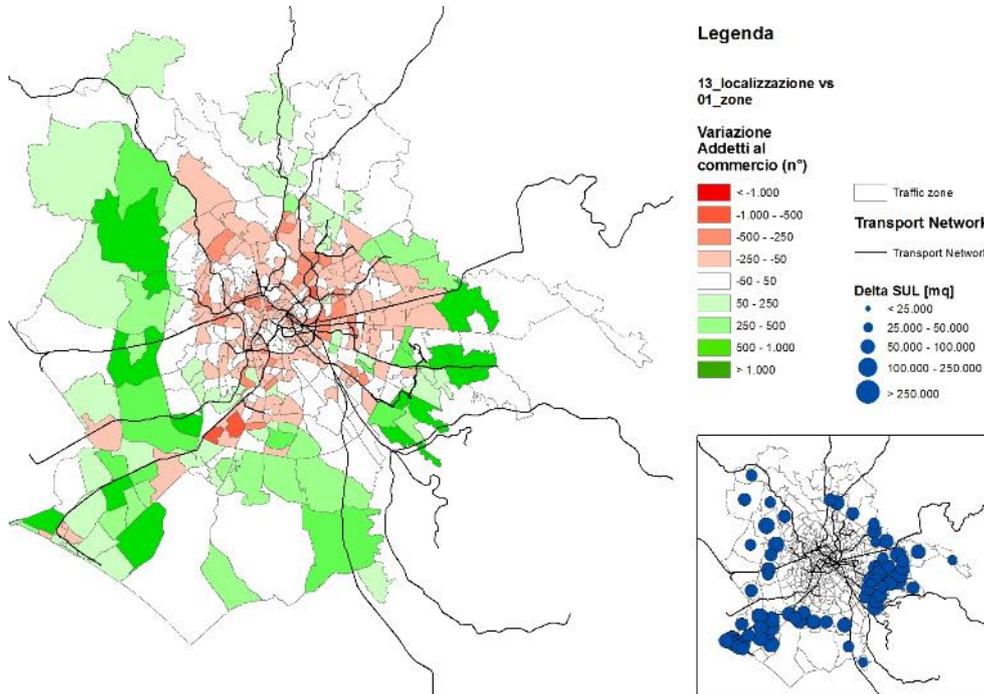


Figura 12: Variazione degli Addetti al Commercio tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P

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 quinta corona PGTU.

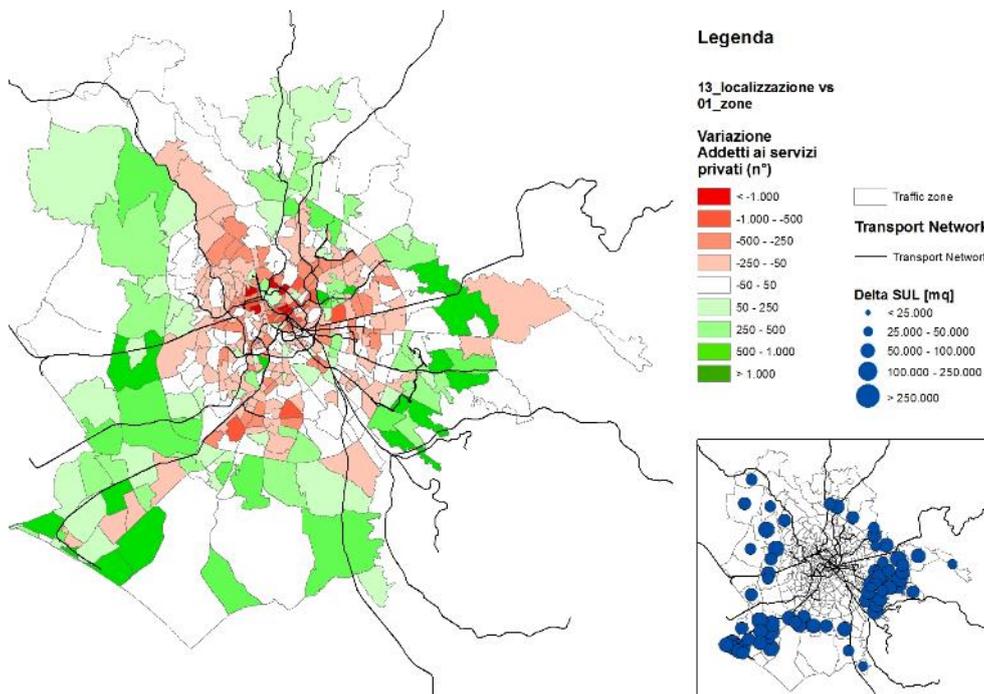


Figura 13: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P Simulato

2.3.3 Variazione Addetti Totali

Valutando i risultati ottenuti dalla simulazione relativamente agli *addetti totali* è evidente la tendenza per le attività a rilocalizzarsi nelle zone di traffico più periferiche, comprese nella quinta corona PGTU, a scapito delle zone di traffico più centrali.

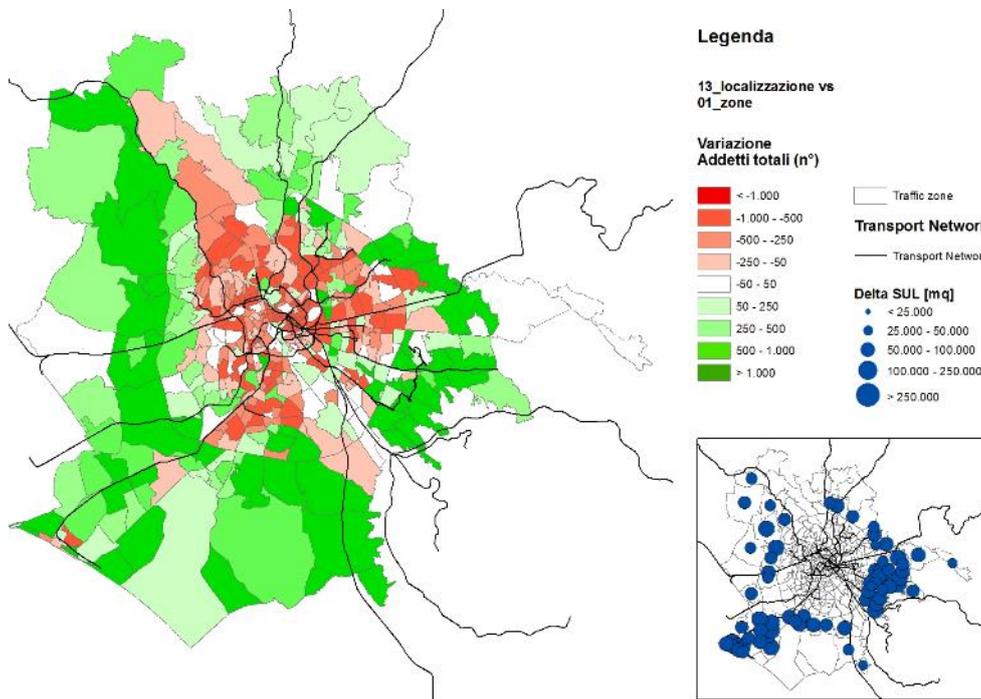


Figura 14: Variazione degli Addetti Totali tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P Simulato

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 *SPRAWL_01_P* 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 un incremento degli spostamenti casa-lavoro da e verso la quinta corona, questo indica che sono numerose le residenze e le attività che la rilocalizzazione del modello a seguito della simulazione va ad insediare in questa corona. Questo fenomeno è sottolineato ancor di più dall'incremento del numero di spostamenti interni alla quinta corona PGU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-670	-17%	-370	-13%	175	24%	25	8%	121	98%	-719	-9%
2	-1.282	-12%	-7.759	-24%	218	3%	268	8%	1.287	93%	-7.269	-13%
3	-873	-8%	-4.278	-11%	-6.309	-13%	-272	-2%	4.909	62%	-6.823	-6%
4	-56	-2%	678	5%	-109	-1%	-2.654	-10%	5.952	69%	3.812	5%
5	262	26%	5.513	62%	5.107	35%	6.753	40%	31.166	77%	48.801	60%
Totale	-2.618	-9%	-6.217	-6%	-918	-1%	4.120	6%	43.435	74%	37.802	11%

Tabella 14: Confronto Matrice OD per PGU per il motivo lavoro tra lo scenario di Base e lo scenario *SPRAWL_01_P* Simulato

2.4.1.2 Spostamenti Casa-Altri Motivi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-323	-22%	-295	-16%	0	0%	19	6%	105	65%	-493	-9%
2	-313	-10%	-4.171	-21%	-1.419	-10%	-23	-1%	880	56%	-5.048	-12%
3	383	8%	-1.146	-5%	-6.982	-13%	279	3%	2.834	54%	-4.632	-5%
4	320	15%	-77	-1%	-1.925	-8%	-2.512	-19%	2.160	36%	-2.035	-4%
5	1.085	49%	4.992	45%	8.657	44%	3.509	40%	6.469	27%	24.711	38%
Totale	1.151	8%	-697	-1%	-1.669	-1%	1.271	4%	12.447	34%	12.503	5%

Tabella 15: Matrice OD per PGU per motivo non lavoro (ScSup, ScUni e Altro) tra lo scenario di Base e lo scenario *SPRAWL_01_P* 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

Dall'analisi dei risultati si nota un incremento degli spostamenti in auto da, per e all'interno della quinta corona, dovuto essenzialmente alla ridotta offerta di trasporto pubblico su ferro, in grado di soddisfare la domanda di spostamenti all'interno di questa corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	0	0%	-224	-19%	-244	-20%	-22	-5%	167	73%	-323	-10%
2	0	0%	-1.516	-13%	-1.700	-13%	104	2%	1.856	77%	-1.256	-4%
3	0	0%	-1.700	-13%	-5.005	-12%	-13	0%	6.963	61%	244	0%
4	0	0%	104	2%	-1.964	-7%	-313	-1%	7.707	61%	5.535	8%
5	0	0%	8.818	81%	11.501	45%	10.396	48%	36.085	84%	66.800	66%
Totale	0	0%	5.483	13%	2.587	2%	10.152	15%	52.778	76%	71.001	25%

Tabella 16: Matrice OD per PGTU per modo auto tra lo scenario di Base e lo scenario SPRAWL_01_P Simulato

2.4.2.2 Moto

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-349	-30%	-167	-26%	-34	-17%	-15	-26%	-1	-4%	-567	-27%
2	-1.368	-30%	-1.202	-24%	-241	-13%	-108	-21%	7	4%	-2.912	-24%
3	-2.171	-38%	-2.432	-32%	-1.042	-19%	-648	-26%	-26	-3%	-6.319	-29%
4	-1.009	-38%	-1.531	-35%	-821	-24%	-472	-17%	24	2%	-3.809	-27%
5	-407	-33%	-1.081	-39%	-820	-30%	-466	-26%	826	32%	-1.948	-18%
Totale	-5.304	-35%	-6.414	-31%	-2.958	-22%	-1.709	-22%	831	18%	-15.554	-25%

Tabella 17: Matrice OD per PGTU per modo moto tra lo scenario di Base e lo scenario SPRAWL_01_P Simulato

2.4.2.3 Trasporto pubblico

Per questa modalità di spostamento gli incrementi maggiori si registrano da e per la quinta corona. In particolare dall'analisi di questi dati si può notare che rispetto al modo auto, si è molto ridotto in termini unitari e percentuali l'incremento di spostamenti interni con il trasporto pubblico nella quinta corona. Questo è dovuto essenzialmente alla struttura della rete su ferro, in cui la maggior parte delle linee tendono a collegare le zone periferiche con il centro, così da rendere più conveniente l'uso dell'auto.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-234	-9%	-223	-9%	454	55%	81	97%	61	181%	139	2%
2	-174	-2%	-7.044	-26%	816	9%	248	28%	303	91%	-5.851	-13%
3	1.682	17%	-2.052	-7%	-2.273	-7%	575	13%	806	86%	-1.262	-2%
4	1.273	53%	1.032	14%	809	8%	-2.060	-28%	382	43%	1.437	5%
5	1.754	89%	2.767	43%	3.082	49%	333	17%	-203	-2%	7.733	31%
Totale	4.301	17%	-5.519	-8%	2.889	5%	-823	-6%	1.349	13%	2.196	1%

Tabella 18: Matrice OD per PGTU per modo trasporto pubblico tra lo scenario di Base e lo scenario SPRAWL_01_P Simulato

2.4.2.4 Piedi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-410	-28%	-50	-25%	0	0%	0	0%	0	0%	-461	-28%
2	-54	-21%	-2.169	-24%	-76	-20%	0	0%	0	0%	-2.299	-24%
3	0	0%	-62	-17%	-4.971	-22%	-19	-18%	0	0%	-5.052	-22%
4	0	0%	0	0%	-58	-21%	-2.146	-25%	-2	-46%	-2.206	-25%
5	0	0%	0	0%	0	0%	-1	-25%	927	9%	927	9%
Totale	-464	-27%	-2.281	-24%	-5.105	-22%	-2.165	-25%	925	9%	-9.090	-17%

Tabella 19: Matrice OD per PGTU per modo piedi tra lo scenario di Base e lo scenario SPRAWL_01_P 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 *SPRAWL_01_P 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 nota che i maggiori incrementi di spostamenti si hanno per l'auto e in misura minore per il trasporto pubblico in uscita dalla quinta 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	2.765	1.546	6.391	1.177	11.879
2	30.010	9.155	39.634	7.460	86.259
3	98.114	15.373	76.905	17.769	208.161
4	82.834	10.050	30.107	6.779	129.770
5	167.763	9.178	32.683	11.006	220.630
Totale	381.486	45.302	185.720	44.191	656.699

Tabella 21: Ripartizione modale Scenario SPRAWL_01_P Simulato per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-323	-567	139	-461	-1.211
2	-1.255	-2.912	-5.851	-2.298	-12.317
3	1.066	-6.207	-1.262	-5.052	-11.455
4	6.530	-3.984	1.437	-2.206	1.776
5	66.800	-1.948	7.733	927	73.512
Totale	72.817	-15.618	2.195	-9.090	50.304

Tabella 22: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-10%	-27%	2%	-28%	-9%
2	-4%	-24%	-13%	-24%	-12%
3	1%	-29%	-2%	-22%	-5%
4	9%	-28%	5%	-25%	1%
5	66%	-18%	31%	9%	50%
Totale	24%	-26%	1%	-17%	8%

Tabella 23: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P Simulato

2.4.3.2 In Entrata

Per la domanda di spostamenti in entrata si registrano significativi incrementi degli spostamenti in auto e con il trasporto pubblico solo nella quinta 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	10.002	30.140	1.235	41.377
2	69.774	13.984	67.577	7.388	158.723
3	110.791	10.698	62.308	17.909	201.705
4	78.527	5.121	13.791	6.653	104.092
5	122.395	5.497	11.904	11.006	150.802
Totale	381.486	45.302	185.720	44.191	656.699

Tabella 25: Ripartizione modale Scenario SPRAWL_01_P per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	-5.304	4.301	-464	-1.467
2	7.300	-6.414	-5.519	-2.281	-6.914
3	2.587	-2.958	2.889	-5.105	-2.588
4	10.153	-1.773	-823	-2.166	5.391
5	52.778	831	1.348	925	55.882
Totale	72.817	-15.618	2.195	-9.090	50.304

Tabella 26: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario SPRAWL_01_P Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0%	-35%	17%	-27%	-3%
2	12%	-31%	-8%	-24%	-4%
3	2%	-22%	5%	-22%	-1%
4	15%	-26%	-6%	-25%	5%
5	76%	18%	13%	9%	59%
Totale	24%	-26%	1%	-17%	8%

Tabella 27: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto SPRAWL_01_P

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	8.559	14.963	47.258
2	44.940	129.325	359.884
3	81.098	324.556	863.370
4	54.422	232.270	571.468
5	77.527	307.178	769.996
Totale	266.546	1.008.293	2.611.976

Tabella 28: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario SPRAWL_01_P non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	6.943	11.991	38.433
2	38.648	96.549	281.651
3	75.700	261.740	720.930
4	50.464	184.172	473.288
5	94.791	453.841	1.097.674
Totale	266.546	1.008.293	2.611.976

Tabella 29: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario SPRAWL_01_P simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-1.616	-2.972	-8.825
2	-6.292	-32.777	-78.233
3	-5.398	-62.816	-142.439
4	-3.957	-48.098	-98.180
5	17.264	146.662	327.678
Totale	0	0	0

Tabella 30: Variazione della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario SPRAWL_01_P simulato e lo scenario SPRAWL_01_P non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-19%	-20%	-19%
2	-14%	-25%	-22%
3	-7%	-19%	-16%
4	-7%	-21%	-17%
5	22%	48%	43%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 31: Variazione percentuale della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario SPRAWL_01_P simulato e lo scenario SPRAWL_01_P non simulato

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello *Scenario Sprawl_01_P* per la popolazione residente nell'area di studio, si nota che è accentuata ulteriormente la tendenza per la popolazione a risiedere nelle zone di traffico più periferiche appartenenti alla quinta corona PGTU, dove è concentrata tutta la nuova SUL.

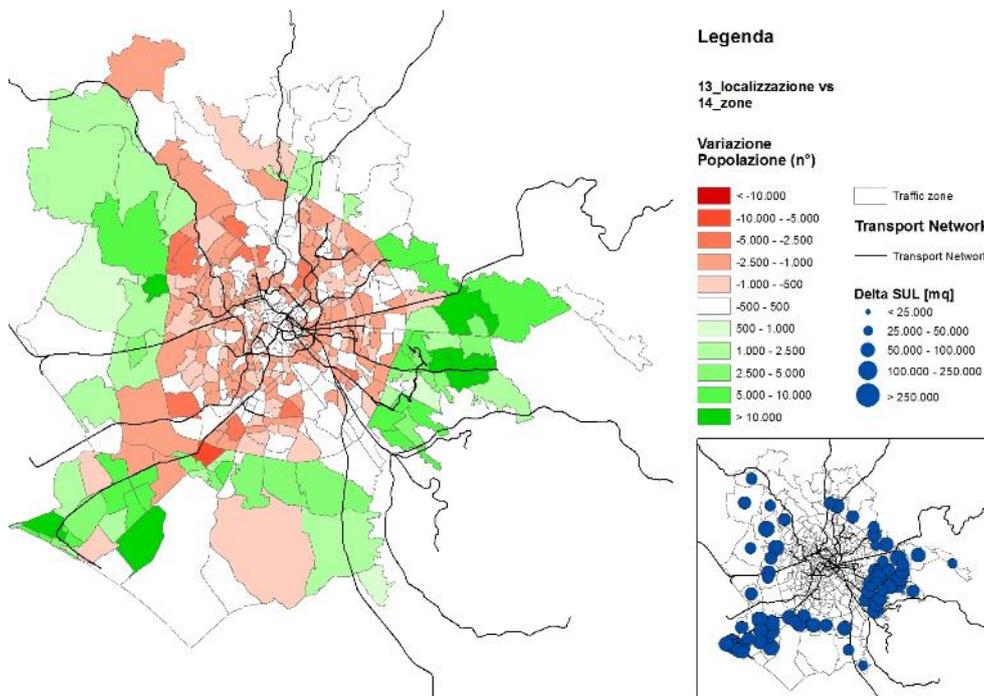


Figura 15: Variazione della popolazione residente per zona di traffico a seguito della simulazione

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 tali valori negativi si registrano nella terza, quarta e quinta corona PGTU, come si può osservare anche dai risultati numerici.

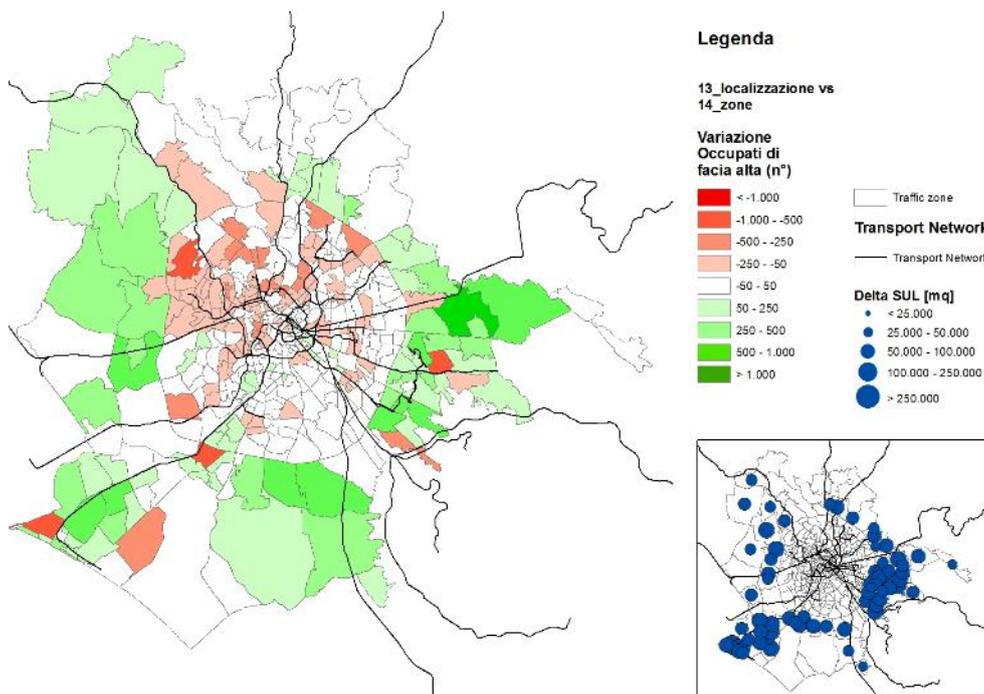


Figura 16: Variazione degli Occupati Alti per zona di traffico a seguito della simulazione

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 una redistribuzione positiva di *Occupati di fascia bassa* a seguito della simulazione appartengono alla quinta corona PGTU.

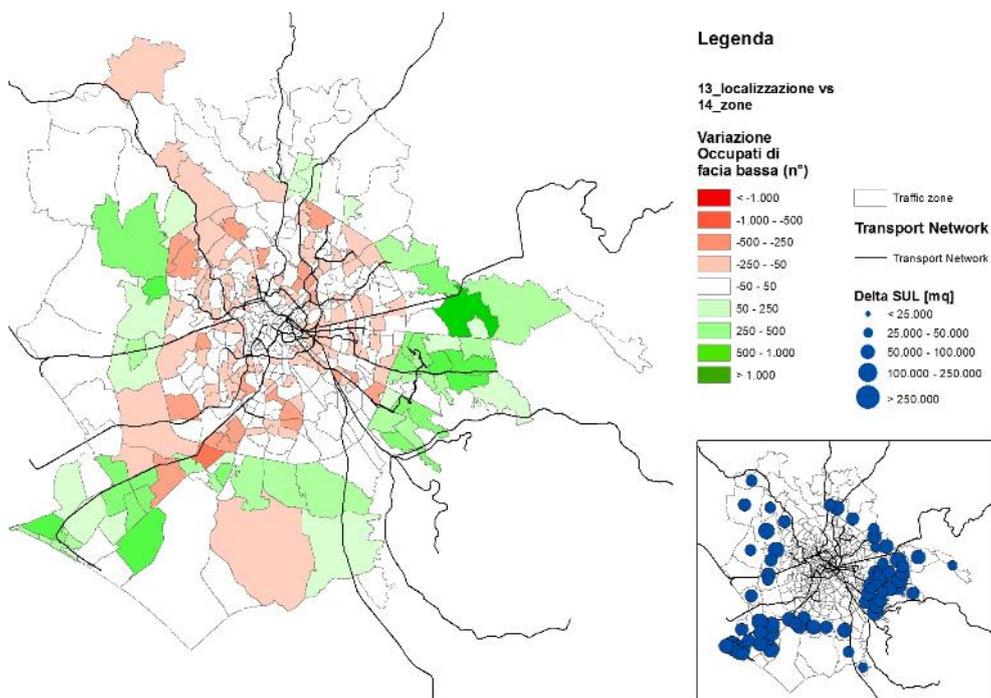


Figura 17: Variazione degli Occupati Bassi per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2 Variazione di Addetti

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	49.528	9.873	97.225
2	162.699	28.477	307.522
3	128.760	46.508	303.309
4	92.921	45.171	257.249
5	90.425	57.420	309.534
Totale	524.334	187.449	1.274.839

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

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	48.323	8.043	93.968
2	154.730	22.084	292.355
3	123.322	36.960	288.103
4	86.761	37.200	243.139
5	111.198	83.162	357.274
Totale	524.334	187.449	1.274.839

Tabella 33: Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario SPRAWL_01_P

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-1.205	-1.830	-3.256
2	-7.969	-6.394	-15.167
3	-5.438	-9.548	-15.207
4	-6.160	-7.971	-14.110
5	20.772	25.742	47.740
Totale	0	0	0

Tabella 34: Variazione Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario SPRAWL_01_P

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-2%	-19%	-3%
2	-5%	-22%	-5%
3	-4%	-21%	-5%
4	-7%	-18%	-5%
5	23%	45%	15%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 35: Variazione percentuale Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario SPRAWL_01_P

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello *Scenario Sprawl_01_P* 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 quinta, mentre la quarta corona PGTU è interessata da una loro diminuzione.

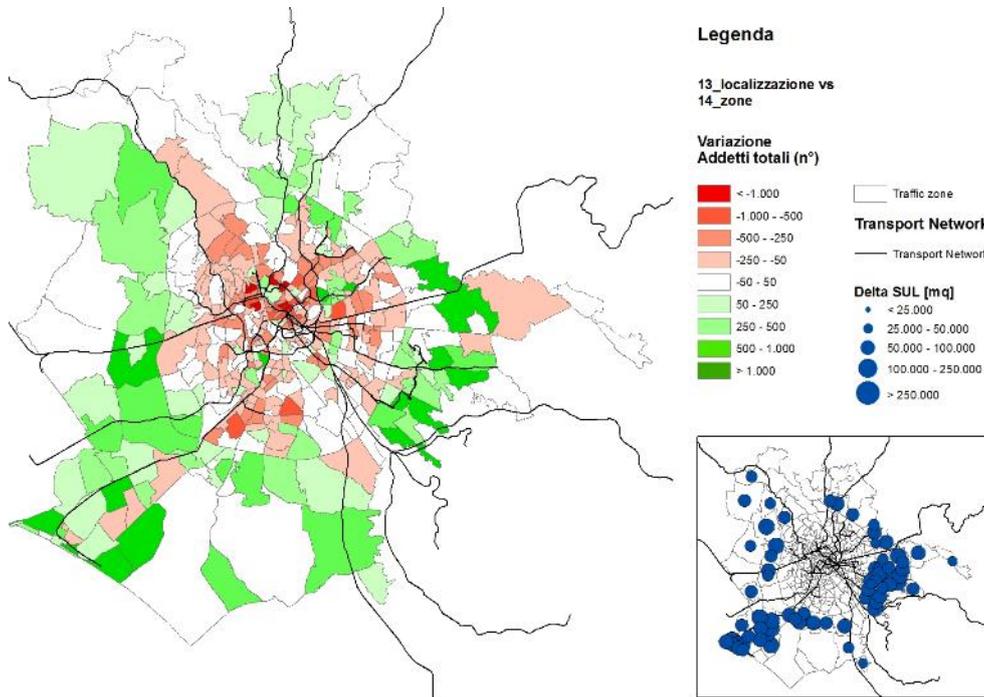


Figura 18: Variazione degli Addetti Totali per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.1 Addetti al Commercio

Con la simulazione gli *Addetti al Commercio* registrano incrementi solo nella quinta.

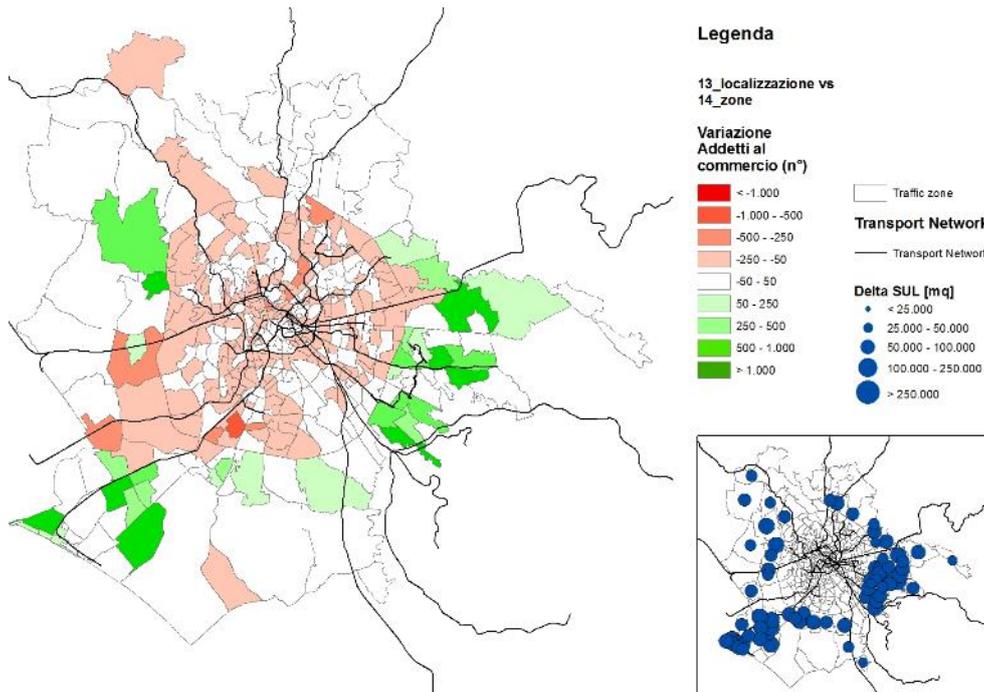


Figura 19: Variazione degli Addetti al Commercio per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.2 Addetti ai Servizi Privati

A seguito della simulazione, il modello ridistribuisce un maggiore numero di *Addetti ai Servizi Privati* nella quinta, invece si registra una diminuzione nelle restanti corone.

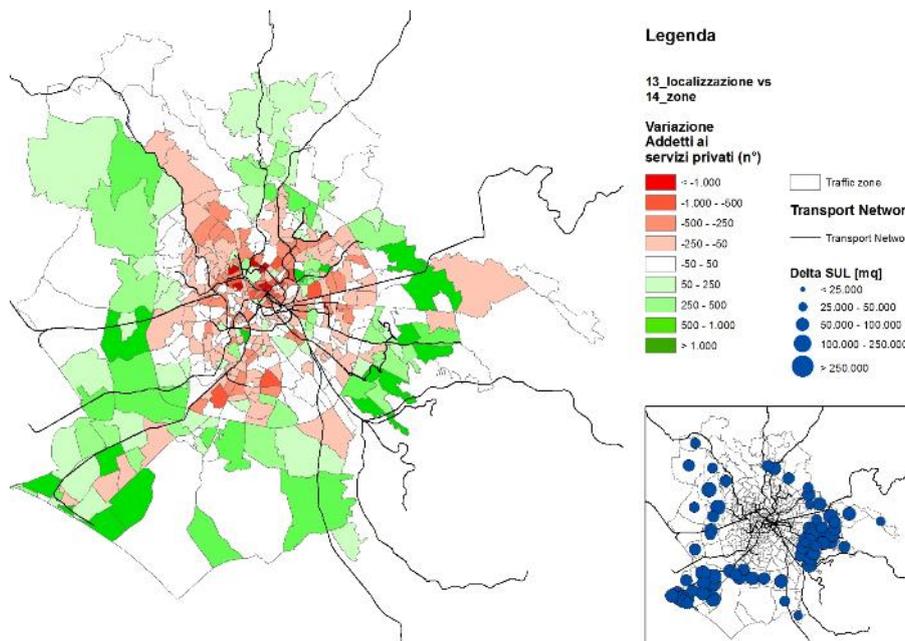


Figura 20: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati per zona di traffico a seguito della simulazione

4. Analisi di sostenibilità urbana

Gli scenari di sviluppo urbano della città di Roma sono stata 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: Indictori di sostenibilità amientale, 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_P. 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. I tempi in auto risultano complessivamente minori dei corrispettivi tempi dello scenario di base e leggermente maggiori dello scenario PRG. I tempi con il trasporto pubblico sono grosso-modo simili agli scenari di benchmark. Ciò è sorprendente se si considerano gli investimenti nella rete di trasporto pubblico su ferro.

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_P	
	Tempi medi auto	Tempi medi tp	Tempi medi auto	Tempi medi tp	Tempi medi auto	Tempi medi tp

REPORT SCENARIO: SPRAWL 01 P

	minuti	minuti	%	%	%	%
1	26,0	16,3	-4,0%	2,3%	-1,2%	-0,6%
2	25,8	20,3	-4,2%	0,5%	-0,3%	0,7%
3	28,6	25,8	-7,7%	-4,7%	0,1%	0,9%
4	29,9	33,8	-11,0%	-6,0%	0,0%	-2,1%
5	38,7	45,5	-16,3%	-9,4%	3,0%	-8,8%
scenario	33,5	30,1	-7,3%	2,2%	2,0%	-0,6%

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

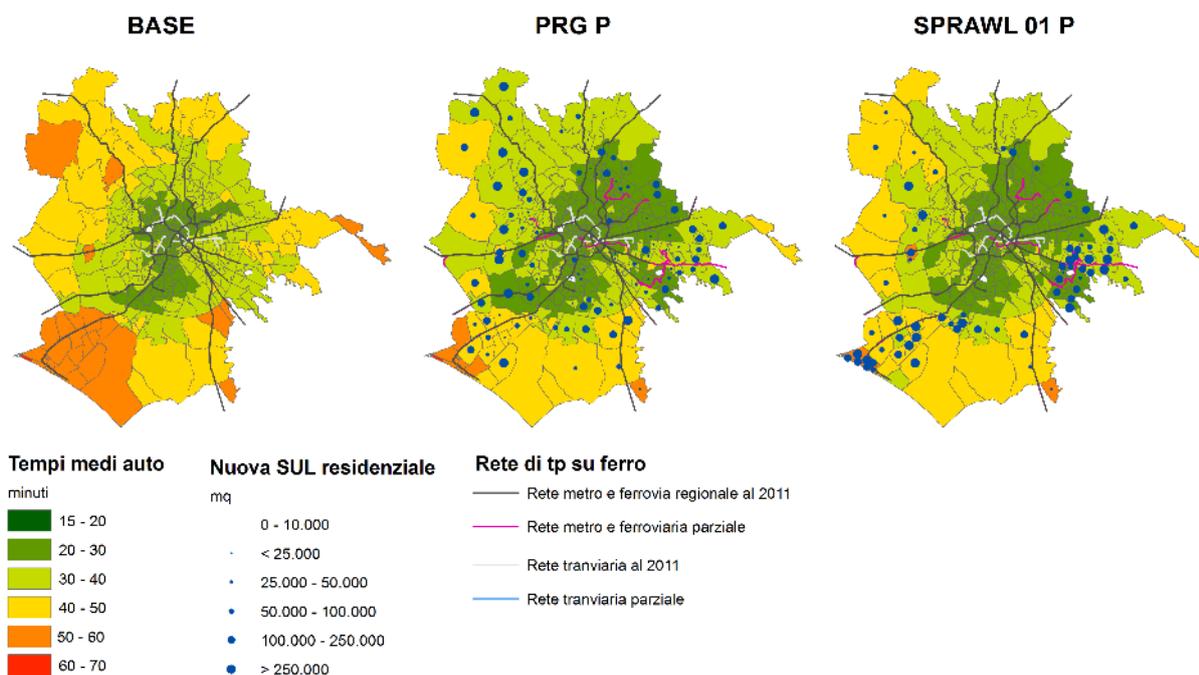


Figura 21: Tempi medi auto in uscita scenari Sprawl_01_P, PRG_P e Base

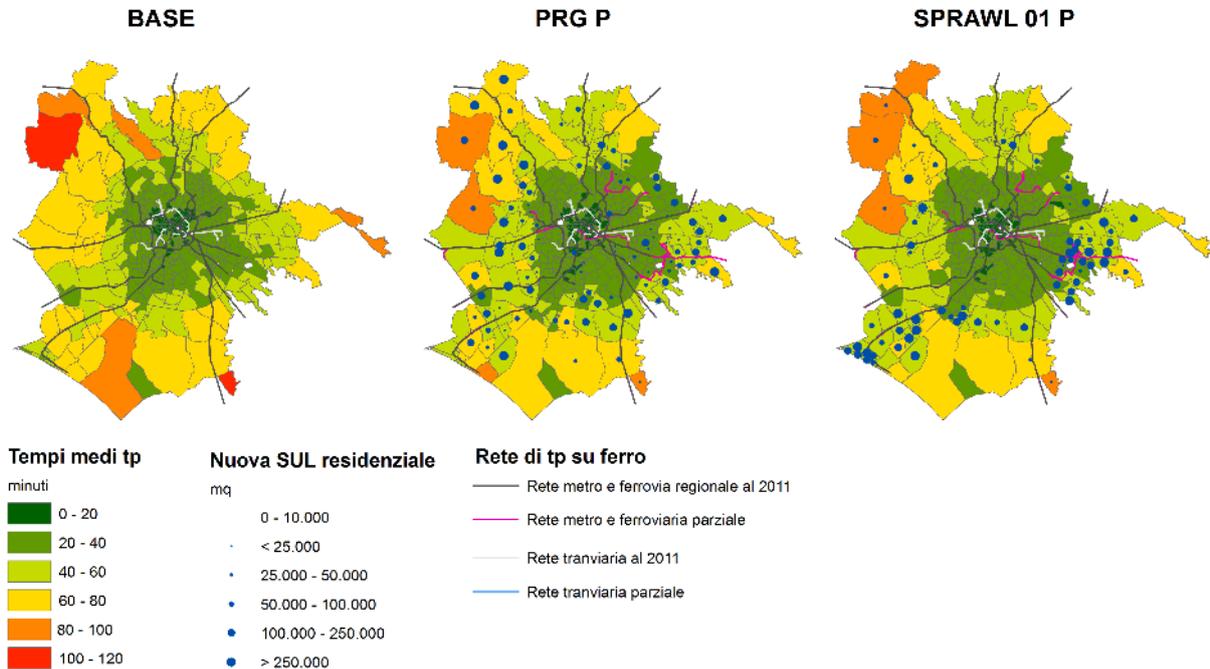


Figura 22: Tempi medi trasporto pubblico (tp) in uscita scenari Sprawl_01_P, PRG_P e Base

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.

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

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

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 sensibilmente maggiori dei corrispettivi costi dello scenario PRG_P. Ciò è dovuto agli elevati costi di acquisizione dei terreni nonché a costi di costruzione unitari maggiori.

Scenario			vs PRG_P
Costi edilizia	Costi infrastrutture	Costi totali	Costi totali
euro	euro	euro	%
15.259.632.090	4.693.089.428	19.952.721.518	41,7%

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

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_P. Il consumo di suolo dello scenario in oggetto risulta essere sensibilmente maggiore dello scenario PRG a causa delle tipologie edilizie previste per lo scenario disperso.

Scenario			vs PRG_P
<i>C. suolo edilizia</i>	<i>C. suolo infrastrutture</i>	<i>C. suolo totale</i>	<i>C. suolo totale</i>
mq	mq	mq	%
11.088.000,00	3.392.379,10	14.480.379,10	159,2%

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

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 una sostanziale riduzione della densità di attività rispetto allo scenario di base che si realizza a causa della rilocalizzazione di addetti e residenti in aree periferiche. La differenza con lo scenario PRG è pressochè nulla.

Scenario	vs Base	vs PRG_P
<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>
attività/ettaro	%	%
147,4	-21,7%	-0,3%

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

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

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

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

Scenario	vs Base	vs PRG_P
<i>Distanze totali</i>	<i>Distanze totali</i>	<i>Distanze totali</i>
veicoli.km	veicoli.km	veicoli.km
8.359.193	10,1%	-7,6%

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

Come è possibile osservare dalla tabella, lo scenario di analisi presenta una riduzione dei veicoli.km rispetto allo scenario PRG_P ed un'aumento rispetto allo scenario di base.

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_P
<i>Consumo energetico</i>	<i>Consumo energetico</i>	<i>Consumo energetico</i>
GJ	GJ	GJ
38.619	10,1%	-7,6%

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

Scenario	vs Base	vs PRG_P
<i>Emissioni CO2</i>	<i>Emissioni CO2</i>	<i>Emissioni CO2</i>
t	t	t
732	10,1%	-7,6%

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

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

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

	km	%	%
1	9,3	13,0%	-1,6%
2	9,8	14,9%	-1,3%
3	11,8	16,0%	-0,7%
4	14,1	11,8%	-1,3%
5	18,3	-3,6%	-5,0%
scenario	15,2	13,1%	-3,0%

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

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

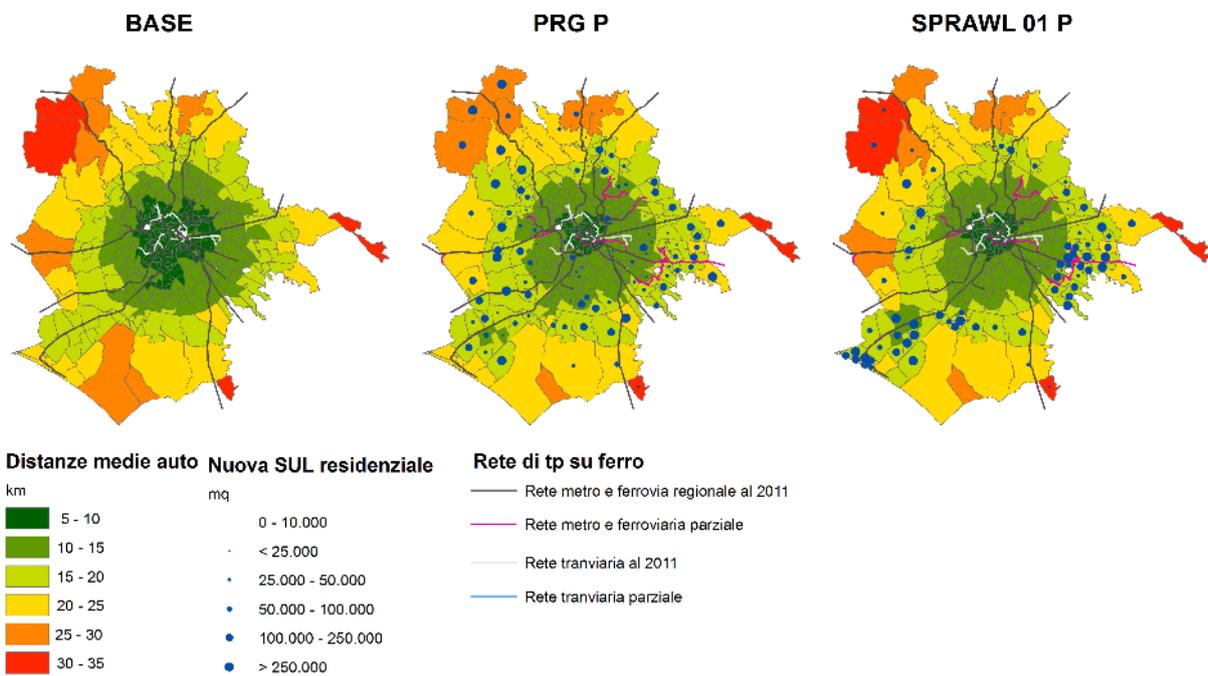


Figura 23: Distanze medie in uscita percorse in auto, scenari Sprawl_01_P, PRG_P e Base

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

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

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
368.424	177.623	51.358	55.027

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
19,4%	-3,2%	-15,7%	3,3%

vs PRG_P			
<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
-9,1%	-4,2%	3,4%	-7,5%

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

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>
%	%	%	%
56,5%	27,2%	7,9%	8,4%

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
10,9%	-10,0%	-21,6%	-4,0%

vs PRG_P			
<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
-2,5%	2,7%	10,9%	-0,8%

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

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 α_1, α_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. L'accessibilità auto è sensibilmente maggiore dello scenario di base ed in particolar modo nella quinta corona, ove si realizzano la maggior parte degli interventi, a conferma della struttura orientata all'auto dello scenario. L'accessibilità auto risulta essere sostanzialmente la stessa dello scenario PRG_P. Per quanto concerne il trasporto pubblico, lo scenario in oggetto presenta una migliore accessibilità sia dello scenario PRG che dello scenario di base.

Corona	Scenario		vs Base		vs PRG_P	
	Accessibilità auto	Accessibilità tp	Accessibilità auto	Accessibilità tp	Accessibilità auto	Accessibilità tp
	adimensionale	adimensionale	%	%	%	%
1	52	60	13,1%	7,3%	3,8%	3,0%
2	42	50	8,7%	7,9%	0,4%	2,1%
3	30	40	16,6%	12,8%	0,3%	2,1%
4	26	28	23,5%	15,2%	-0,5%	3,0%
5	15	19	35,1%	20,0%	-0,1%	13,3%
scenario	24	30	9,8%	3,1%	0,9%	7,0%

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

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_P
Coeff. Gini	Coeff. Gini	Coeff. Gini
adimensionale	%	%
0,40064	30,7%	-9,7%

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

Dall'analisi del coefficiente di Gini risulta che lo scenario in analisi risulta essere meno equo dello scenario di base e leggermente più equo dello scenario PRG.

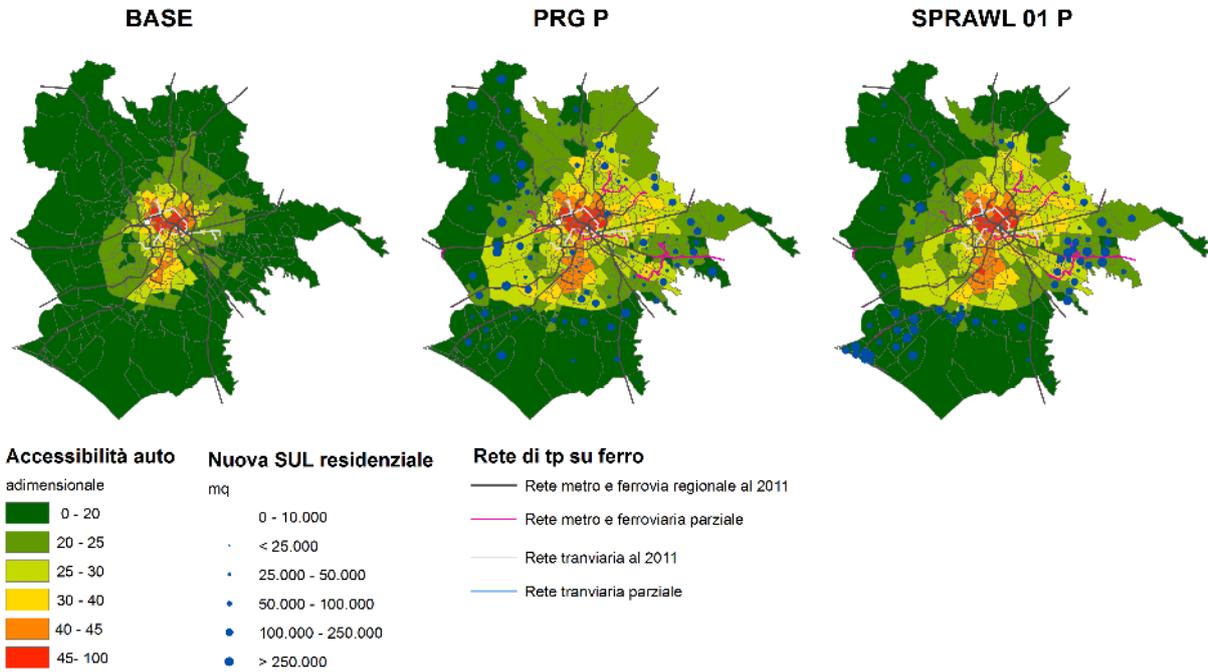


Figura 24: Accessibilità al lavoro con l'auto, scenari Sprawl_01_P, PRG_P e Base

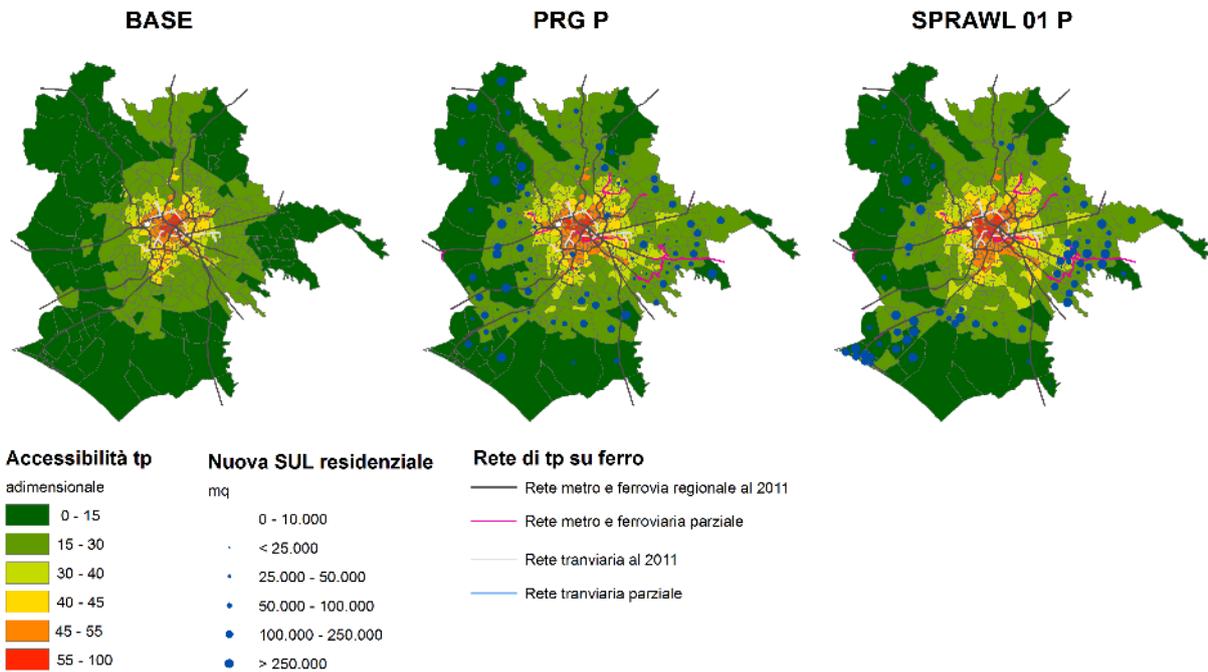


Figura 25: Accessibilità al lavoro con il trasporto pubblico, scenari Sprawl_01_P, PRG_P e Base

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 1474-9122.
- 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.