



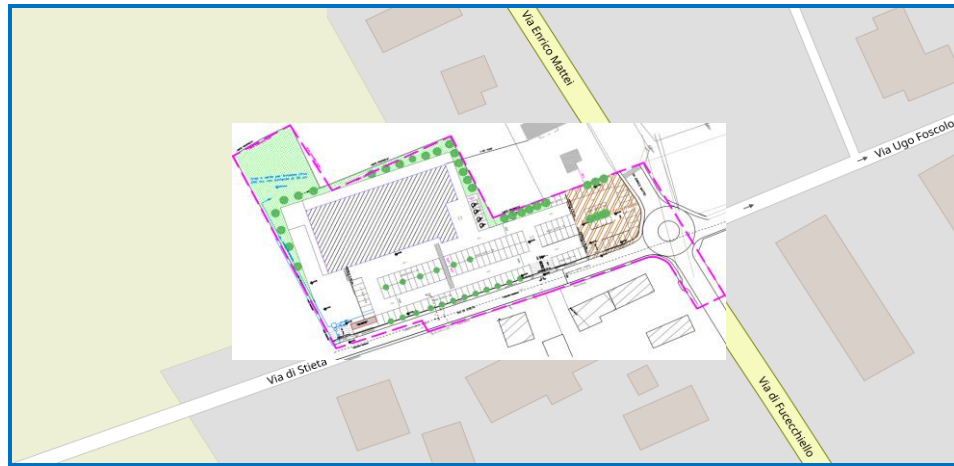
EUROSPIN Tirrenica spa

Località Madonna del Soccorso – Vocabolo Bancanella
06049 MAGIONE (Pg)



COMUNE DI FUCECCHIO

**PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
PER LA REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO COMMERCIALE
IN VIA DI STIETA, A FUCECCHIO – COMPARTO PA 31**



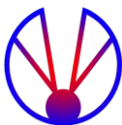
**Adeguamento viario a rotatoria dell'incrocio tra Via di
Stieta / Via Mattei / Via Foscolo / Via di Fucecchiello:
geometria ottimale e verifiche**

RELAZIONE TECNICA



TECNOSTRUTTURE
studio tecnico

Dott.Ing. Mauro BELLAGAMBA
Via De' Cadolingi 44 - FUCECCHIO (FI) 50054



NEPIA Servizi d'Ingegneria s.r.l.

Sede legale:
Via Teresa Bandettini, 154 - S.Concordio in Contrada
55100 LUCCA

Consulenza scientifica:

Prof.Ing. Antonio PRATELLI

Professore di Ingegneria del Traffico e dei Trasporti nell'Università di Pisa
Eminent scientist medal del Wessex Institute of Technology of Southampton (UK)

A. Prатели

E
COMUNE DI FUCECCHIO
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE
Protocollo N. 0028417/2023 del 20/07/2023
Firmatario: MAURO BELLAGAMBA

Indice

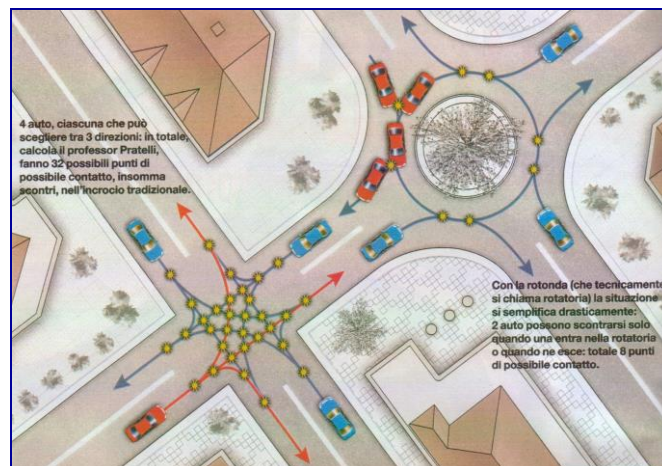
1. INQUADRAMENTO
2. NORMATIVE E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO
3. DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA
4. VERIFICA DI DEFLESSIONE DELLE TRAIETTORIE
5. VERIFICA DELLA VISIBILITÀ
6. CAPACITÀ E LIVELLO DI SERVIZIO

1. INQUADRAMENTO

Il Piano Attuativo di iniziativa privata in epigrafe prevede la realizzazione di una nuova media struttura di vendita, o MSV, con caratteristiche di Supermercato e situata a Fucecchio (Fi) nell'area delimitata dalla Via di Stieta e dalla Via Enrico Mattei. Queste due strade convergono in una intersezione libera a raso dove si incrociano con altrettante due: la Via Ugo Foscolo e la Via di Fucecchiello.

Tra gli interventi di sistemazione urbanistica associati al progetto del nuovo Supermercato c'è anche l'adeguamento viario a rotatoria del suddetto incrocio a raso fra Via di Stieta, Via di Fucecchiello, Via Enrico Mattei e Via Ugo Foscolo.

Questo intervento di adeguamento viario trova senz'altro la sua motivazione principale nell'incremento della sicurezza stradale, per semplice conseguenza diretta della significativa riduzione del numero dei punti di conflitto. L'attuale intersezione libera a raso in esame è a quattro rami e presenta 32 punti di conflitto delle correnti di traffico (8 punti di diversione; 8 punti di immissione; 16 punti di attraversamento); mentre invece con la prevista soluzione geometria a rotatoria i punti di conflitto scenderanno a 8 soltanto: 4 punti di diversione e 4 punti di immissione. Notoriamente, ad un minor numero di punti di conflitto corrisponde una riduzione della probabilità di incidente in una qualunque intersezione stradale.



Punti di conflitto in una intersezione a quattro rami: soluzione a raso (32), rotatoria (8).

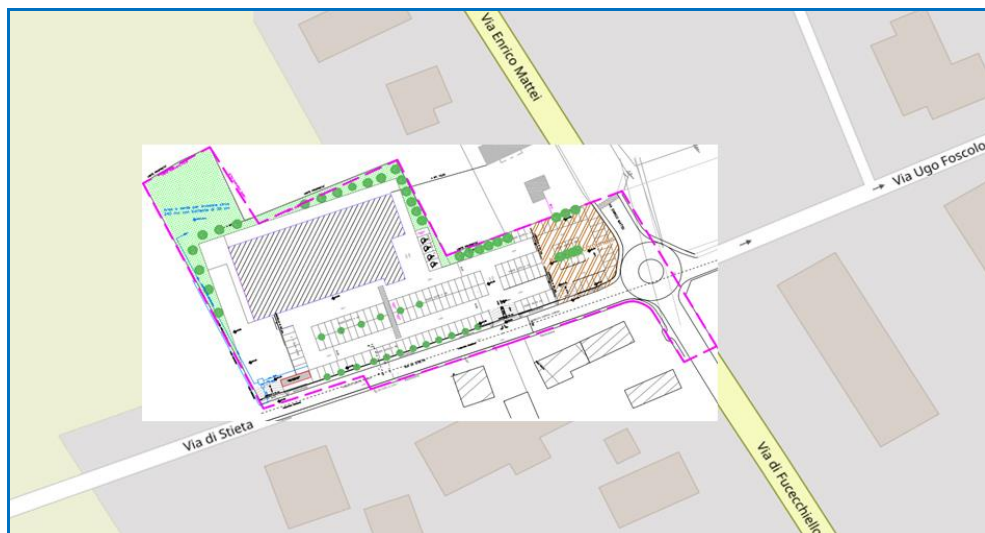
Per quanto i valori dei volumi di traffico che interessano l'incrocio in esame rientrino ampiamente nelle normali situazioni tipiche dell'ambito suburbano, l'intervento di adeguamento a rotatoria in esame risulta anche finalizzato al miglioramento delle condizioni locali della circolazione stradale attraverso una nuova geometria del piano

strada che sarà in grado di agevolare le manovre di svolta dei veicoli in transito, in particolar modo di quelli pesanti.

Questo ultimo aspetto ha inoltre una certa ricaduta attesa per la mitigazione degli effetti del traffico indotto sulla viabilità afferente a seguito della dell'apertura del nuovo Supermercato in progetto.



Vista aerea dell'attuale intersezione tra Via di Stieta, Via di Fucecchiello, Via Enrico Mattei e Via Ugo Foscolo, a Fucecchio (Fi).



Mappa urbana della zona di P.A. con l'inserimento del layout del nuovo Supermercato in progetto in Via di Stieta e dello schema dell'intersezione adeguata a rotonda.

2.

NORMATIVE E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

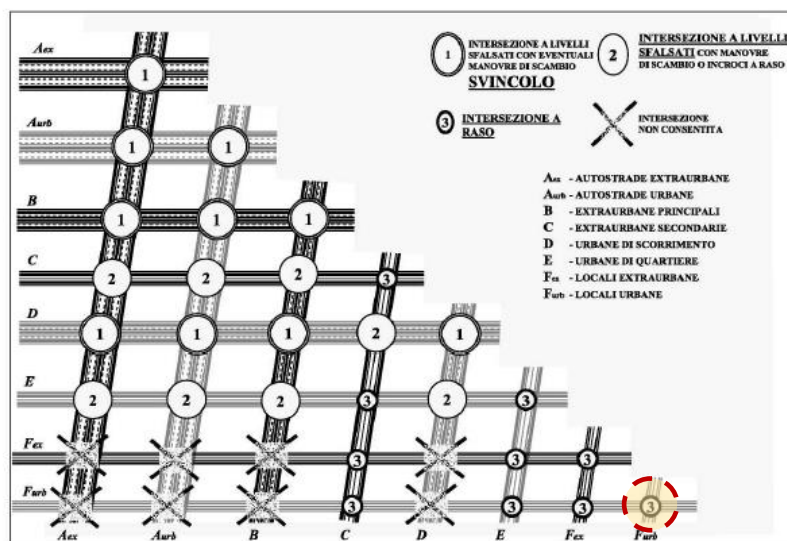
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, DM 19 Aprile 2006 n.1699, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, D.M. n. 6792 del 5.11.2001, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, D.Lgs. 22.04.2004, Norme di riferimento per l'adeguamento delle strade esistenti (G.U. n.147 del 25/06/2004).
- CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche, "Studio a carattere prenormativo. Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali", Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, Roma 2001.
- VSS (2000) *Carrefours Giratoires*, Norme Suisse n. 640 263, Zurich.
- SETRA – Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (1987) *La capacité des carrefours giratoires interurbains, premiers résultats*, Note d'Information n. 44, Bagnaux.
- NCHRP Report 672 (2010) *Roundabouts: An Informational Guide – Second Edition*, Transportation Research Board, Washington DC.
- HMSO Department of Transport (1984) *The geometric design of roundabouts*, Departmental Standards TD 16/84 and TA 42/84, HMSO, London.
- Federal Highway Administration, "*Roundabouts: an informational guide*", Report n. FHWA-RD-00-067, Springfield (USA) 2000.
- Pratelli A., "Progetto di Intersezioni a Rotatoria", TEP Tipografia Editrice Pisana, Pisa 2001.
- Pratelli A., "Rotatorie di Nuova Generazione", TEP Tipografia Editrice Pisana, Pisa 2004.
- Maternini G. e Zavanella L. (a cura di) "*Intersezioni stradali: le Normative Europee*". EGAF Edizioni, Forlì 2006.
- Pratelli A., "Design of modern roundabouts in urban traffic systems", in Brebbia (ed.) "Urban Transport XI", pp. 83-93, WIT Press, Ashurst Lodge (UK) 2006.
- Pratelli A. (2006) "Le rotatorie", in Maternini G. e Foini S. (a cura di) "*Le Intersezioni Stradali*", Capitolo 4, pp. 51-70, EGAF Edizioni, Forlì 2006.
- Gazzarri A., Pratelli A., Martello M. and Souleyrette R.R., "Estimation of gap acceptance parameters for HCM2010 roundabout capacity model applications", in Longhurst J. and Brebbia C. (Eds.), "*WIT Transactions on the Built Environment*". Vol. 128, pp. 309-320, Ashurst Lodge (UK) 2019.
- Pratelli A., Lupi M., Pratelli C. and Farina A., "Mini-roundabouts for improving urban accessibility", in A. Sladkowski (ed.), "*Modelling of the interaction of the different vehicles and various transport modes*", Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, pp. 1-50, Springer Nature, Cham (CH) 2019.
- Pratelli A., Sordi L. and Farina A. (2021) "Methods to generate an expected turning traffic flows matrix for road junction analysis", *International Journal of Transportation Development and Integration*, Vol. 5, n. 1, pp. 1-14.

3.

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA

3.1. Compatibilità Normativa

Per caratteristiche, geometria e funzionalità, tutte e quattro le strade che convergono nell'incrocio in esame sono assimilabile ad una strada di categoria F_{urb} , locali urbane. Pertanto, per il nodo intersezione in cui esse confluiscono e per quanto stabilito tramite la Figura 3 del DM n.1699/2006 è ammessa la tipologia n.3 di schema geometrico a raso, schema al quale anche la rotatoria appartiene.



DM n.1699/2006, Figura 3 – Tipi di intersezioni ammesse in funzione della categoria delle strade convergenti; in evidenza la soluzione per il nodo omogeneo F_{urb} - F_{urb} qui in esame.

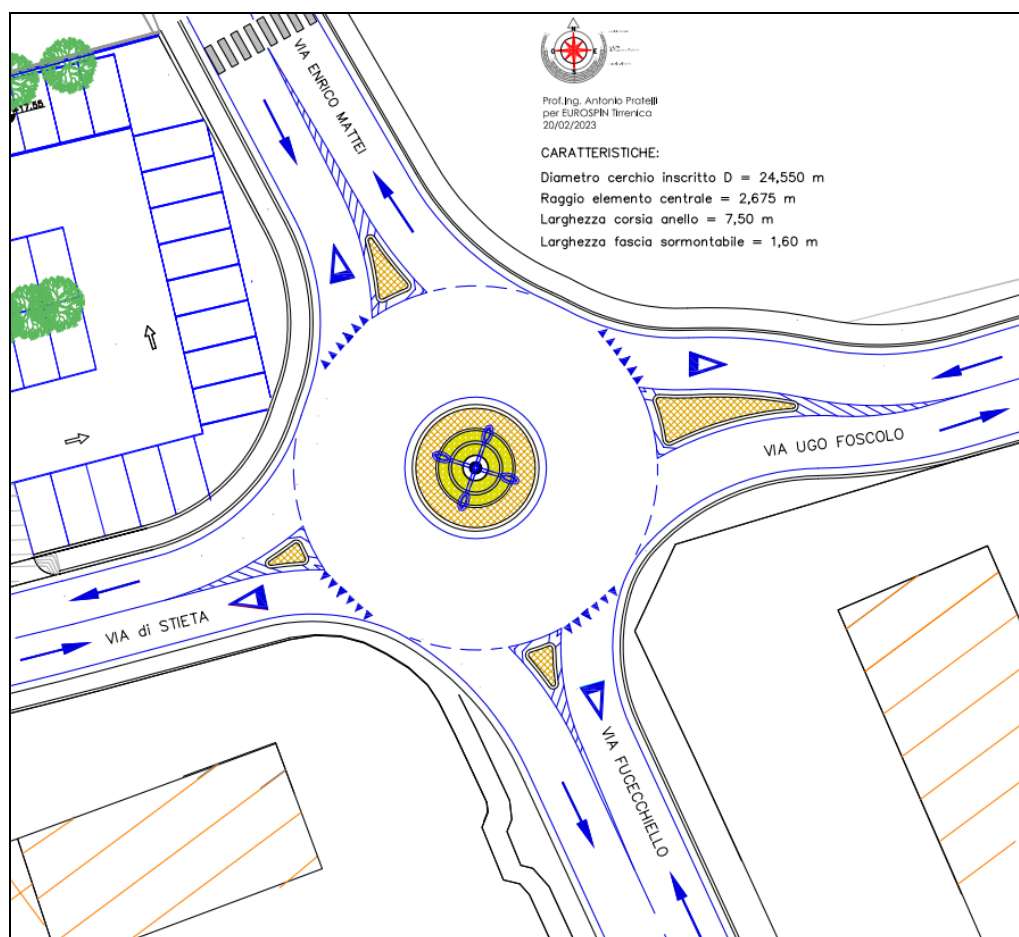
Tenuto conto dei molteplici vincoli presenti, in particolare per la vicinanza ad edifici e di esiguità degli spazi a disposizione, come schema geometrico per l'adeguamento viario a rotatoria dell'attuale incrocio a raso è stata scelta la tipologia a mini-rotatoria¹, con isola centrale contornata da una fascia pavimentata in pietra bocciardata e resa in parte transitabile per le manovre di svolta dei veicoli pesanti, quali autobus, autocarri ed autoarticolati.

3.2. Caratteristiche geometriche

La soluzione con mini-rotatoria messa a punto per l'intersezione tra Via di Stieta, Via di Fucecchiello, Via Enrico Mattei e Via Ugo Foscolo, possiede le caratteristiche geometriche principali riportate nella seguente tabella.

- Diametro esterno D	24,55 m
- Raggio dell'aiola centrale R_c	2,675 m
- Larghezza corsia anello W_a	7,50 m
- Larghezza fascia sormontabile L_s	1,60 m

Per tutti i rami della rotatoria sono previste in progetto delle isole triangolari spartitraffico di tipo rialzato e permanente (Art. 176 NCdS), con funzione di canalizzazione delle correnti di traffico. Le isole triangolari spartitraffico in progetto sono delimitate con segnaletica orizzontale specifica ed effettivamente non transitabili; su di esse è possibile l'installazione di segnaletica verticale (Artt. 150 e 177 NCdS).



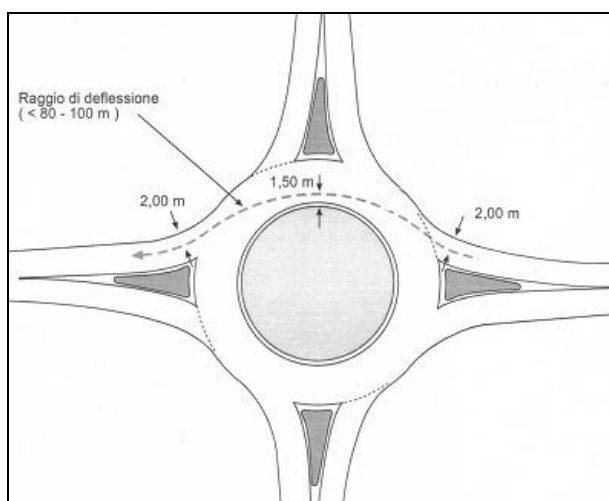
Planimetria di progetto della mini-rotatoria prevista nelle OOUU per l'adeguamento viario dell'incrocio di Via di Stieta-Via Fucecchiello-Via Ugo Foscolo-Via Enrico Mattei, a Fucecchio (Fi).

¹ La tipologia a mini-rotatoria, con diametro esterno tra 14 e 25 m, viene così definita al paragrafo 4.5.1 del DM n.1699/2006.

4.

VERIFICA DI DEFLESSIONE DELLE TRAIETTORIE

Come criterio generale ai fini della sicurezza della circolazione è fondamentale che una rotonda riesca a deflettere le traiettorie secanti più veloci, obbligando così i conducenti a indirizzare i loro veicoli su dei percorsi aventi dei raggi di curvatura contenuti, tali da essere in grado di indurre una corrispettiva risposta di moderazione delle velocità nella condotta di guida da mantenere in generale durante l'attraversamento dell'intersezione. Tuttavia, nel caso delle mini-rotonde la verifica di deflessione delle traiettorie non ricorre, sia per le ridotte dimensioni geometriche, sia perché l'ambito di applicazione è generalmente quello urbano, in particolare quello residenziale, dove la modesta lunghezza dei tratti stradali e la bassa velocità imposta dai limiti in pratica non giustificano delle deflessioni particolarmente spiccate ed efficaci. In ogni caso, per la mini-rotonda in esame è stata qui condotta ugualmente la verifica del raggio di deflessione con riferimento a quella che è codificata e rappresentata nello Studio Prenormativo pubblicato nel 2001 dal CNR², che stabilisce che per le rotonde con diametro esterno D inferiore a 40 m, ossia mini e compatte, la verifica è soddisfatta con un raggio di curvatura R_s del tratto deflesso della traiettoria per cui vale: $R_s \leq 100$ m.



Studio CNR/2001: Indicazioni geometriche per la costruzione grafica per la verifica della deflessione delle traiettorie secanti più veloci dei veicoli in rotonda. Eventuali approfondimenti di geometria della verifica della traiettoria tra una entrata e l'uscita immediatamente successiva sono rimandati alla nota qui a piè di pagina.

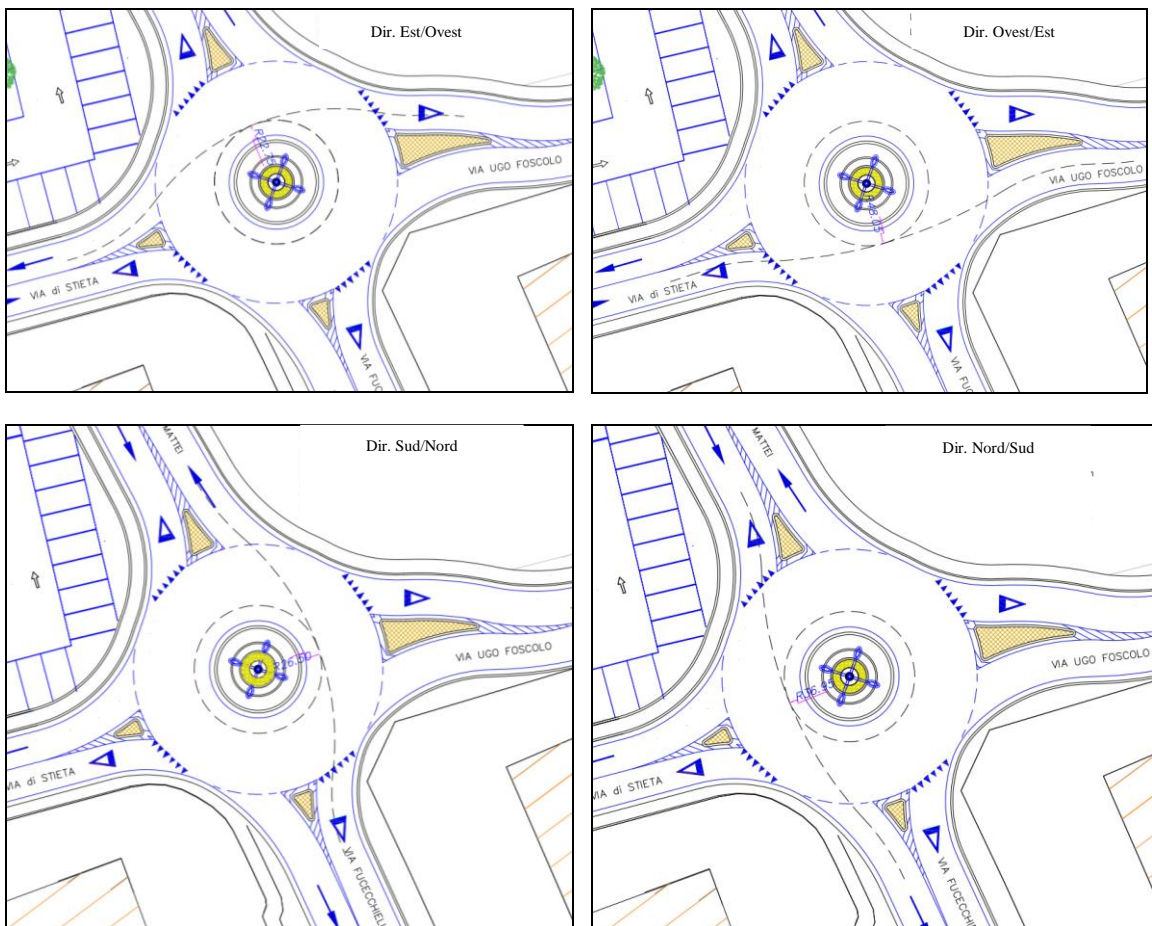
² M.I.T., Consiglio Nazionale delle Ricerche, "Studio a carattere Prenormativo per le Norme sulle Caratteristiche Funzionali e Geometriche delle Intersezioni Stradali", CNR, Roma, dicembre 2001.

Tuttavia, corre obbligo di sottolineare che la deflessione delle traiettorie secanti è l'unica verifica possibile con le indicazioni contenute nello Studio CNR/2001. Difatti, per ogni singola entrata nello Studio CNR2001 è stabilita anche la verifica per costruzione grafica della curvatura della traiettoria curvilinea uscente sul ramo immediatamente successivo all'entrata stessa, costruzione le cui istruzioni sono specificate con una apposita figura. Purtroppo questa costruzione geometrica così precisamente rappresentata è in effetti del tutto inutile, dato che infatti per applicare alla lettera la verifica così prescritta dalla CNR/2001 occorrerebbe accettare come valida e indiscutibile appunto la figura predetta e secondo la quale si pretende di identificare in modo univoco una circonferenza stabilendone però 2 punti di riferimento soltanto; mentre invece in realtà di punti di riferimento del genere ne servirebbero almeno 3; da sempre.

Nel caso specifico della mini-rotatoria in esame i valori dei raggi di deflessione R_s sono elencati nella tabella seguente

<i>Rotatoria Via di Stieta/Via Fucecchiello/Via Foscolo/Via Mattei</i> <i>Traiettoria (direzione)</i>	Raggio deflessione R_s (m)	Verifica CNR/2001: $R_s \leq 100$ m
Traiettoria Via Foscolo/Via di Stieta (dir. E/W)	22,75	Si
Traiettoria Via di Stieta/Via Foscolo (dir. W/E)	48,05	Si
Traiettoria Via di Fucecchiello/Via Mattei (dir. S/N)	26,50	Si
Traiettoria Via Mattei/Via di Fucecchiello (dir. N/S)	36,95	Si

I valori del raggio di deflessione R_s sono ripresi dalle figure sotto riportate e riferite alla costruzione geometrica della verifica geometrica CNR/2001 tracciata sul layout planimetrico di progetto della rotatoria stessa, per la rispettiva traiettoria più veloce dei veicoli che attraversano la rotatoria entrando dai diversi quattro rami di Via di Stieta, Via Ugo Foscolo, Via Enrico Mattei e Via di Fucecchiello.



Per tutti e quattro i rami si ha dunque un valore di R_s che soddisfa appieno la verifica CNR/2001 e che quindi corrisponde ad una deflessione imposta che di fatto ostacola la possibilità che i veicoli in transito possano di attingere degli alti valori di velocità nell'attraversare l'incrocio a rotatoria in esame.

4.1. Verifica dell'angolo di deviazione

Per la verifica della deflessione delle traiettorie più veloci sarebbe disponibile anche il metodo indicato dal punto 4.5.3 del DM n.1699/2006, metodo che tuttavia è notoriamente sconsigliato nella tecnica corrente in quanto riporta una errata e fraintesa interpretazione della valutazione del valore della deflessione per mezzo del cosiddetto angolo di deviazione, o angolo β , che dovrebbe essere almeno di 45°.

Difatti, sia la costruzione geometrica, che il DM citato riporta nella Fig. 11 del punto 5), sia le prescrizioni dello stesso punto 5) sono state ricopiate in modo assolutamente sbagliato oltre che parziale e maldestro, nonché tradotte ancor peggio, dalla Normativa Svizzera (ovvero delle Suisse Norme SN 640263 "*Carrefours Giratoires*", VSS, Zurich 2000) dove è tassativamente raccomandato di non applicare la verifica dell'angolo di deviazione β ai casi in cui si abbia una rotatoria di diametro esterno inferiore ai 35 m.

Questa raccomandazione non è affatto ripresa nel DM n.1966/06, probabilmente per superficialità o per scarsa dimestichezza linguistica, o per entrambe le cose; fatto sta che la rotatoria proposta in progetto nel caso in esame ha un diametro esterno del valore di 24,55 m, ossia pari a ben il 30% in meno dei 37 m del minimo dell'effettiva Normativa.

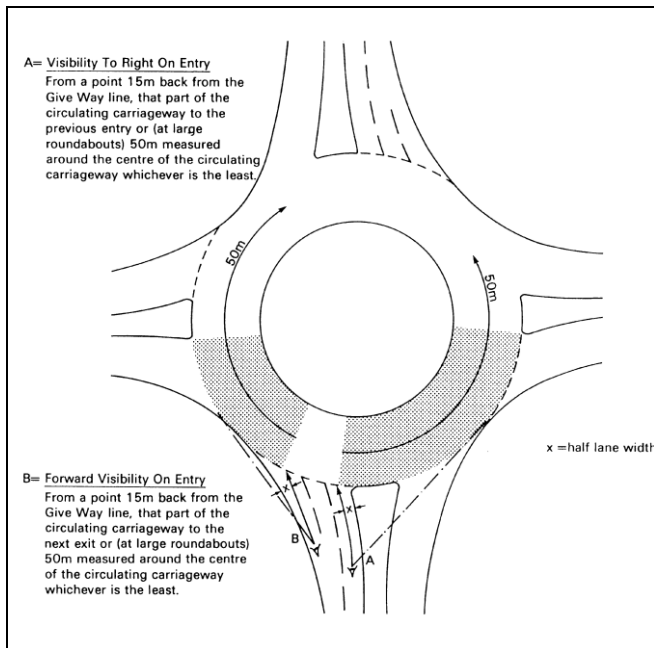
5.

VERIFICA DELLA VISIBILITÀ

Per la verifica di visibilità della soluzione di progetto si segue il procedimento della Normativa Inglese³, che per un conducente in entrata in rotatoria prevede sia la verifica del campo di visibilità alla sua destra, sia la verifica del campo di visibilità a sua sinistra.

Al contrario, il DM n.1699/06 prescrive soltanto una verifica di visibilità a sinistra dell'entrata, risultando così insufficiente perché senza l'accertamento della visuale libera anche dalla parte a destra non vi è garanzia che il conducente riesca per tempo a rendersi conto di un ostacolo sulla carreggiata, magari perduto da un veicolo commerciale transitato da poco, oppure, ancora peggio, di un ciclista caduto a terra. Una verifica che richiede la visuale libera soltanto a sinistra dell'entrata è in pratica orientata soltanto a preservare il rispetto del diritto di precedenza per i veicoli circolanti nell'anello, ragion per cui è una verifica solo parziale e da considerare incompleta ai fini della sicurezza della circolazione stradale.

³ HMSO Department of Transport, "The geometric design of roundabouts", Departmental Standards TD 16/84 and TA 42/84, London, 1984.

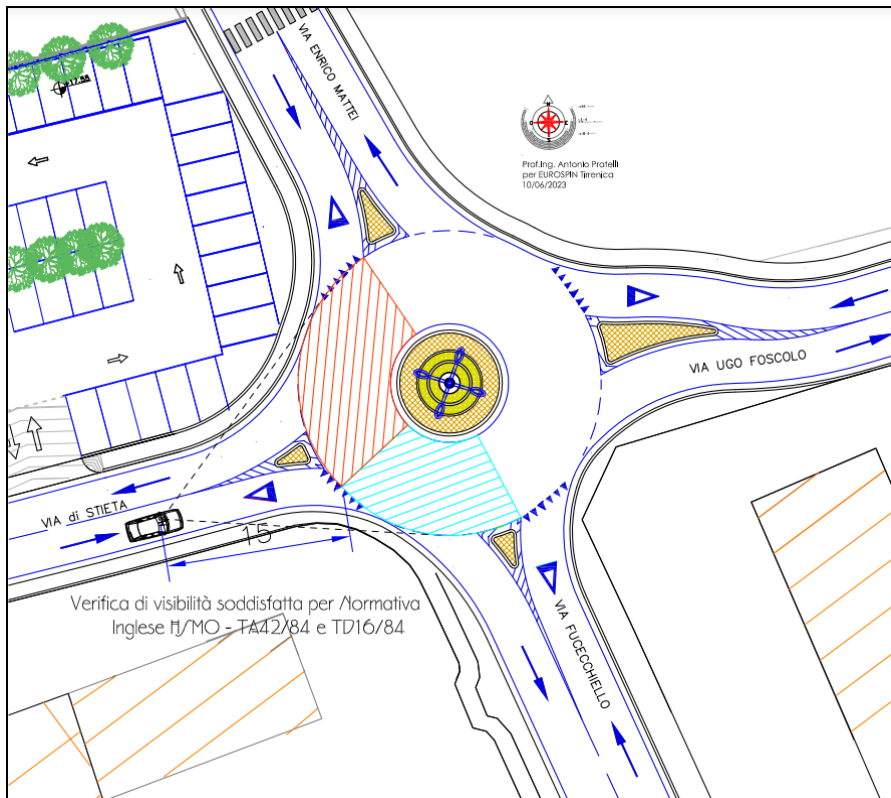


Verifica delle distanze di visuale libera per la soluzione a rotatoria prospettata: entrata Nord ed entrata Sud era in una rotatoria prescritte dalla Normativa Inglese⁷ (il riferimento è ovviamente da traslare dalla regola della “mano sinistra” a quella della “mano destra”).

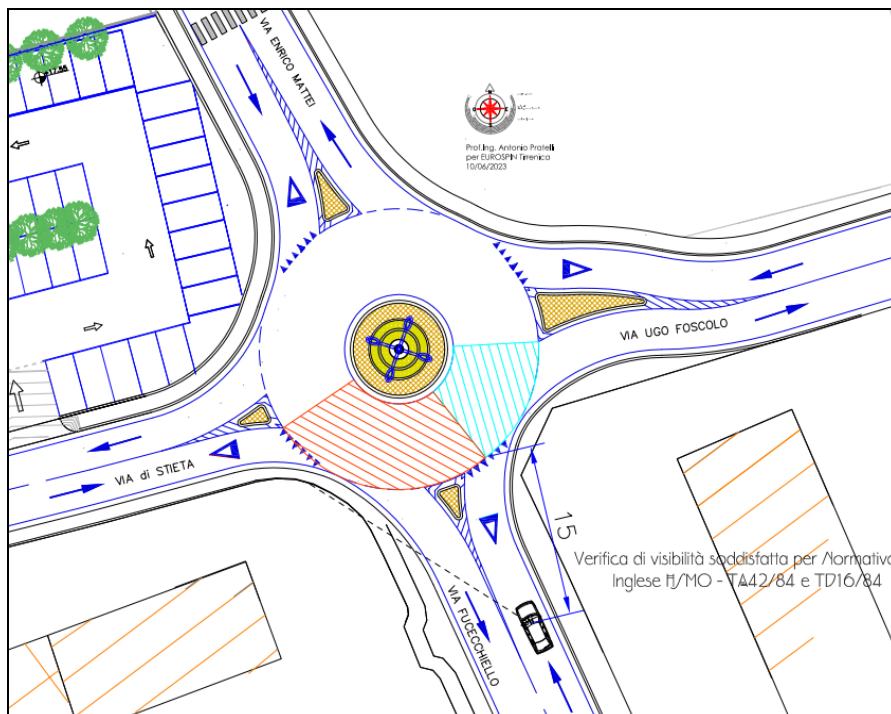
I campi di visuale libera, che il conducente di un veicolo in approccio all'entrata deve avere ad una distanza di 15 m dalla linea d'arresto, sono determinati in ragione del fatto che al conducente devono essere visibili sia l'entrata precedente che l'uscita successiva o, in alternativa, un settore di anello di almeno 50 m di sviluppo, tanto alla sua destra quanto alla sua sinistra. Più precisamente, a 15 m dalla linea d'arresto sull'entrata il conducente non deve avere ostacoli per poter vedere:

- a) alla sua sinistra, la porzione di anello fino all'entrata precedente in cui ci possono essere veicoli ai quali deve dare la precedenza; oppure, nel caso di grandi rotatorie, un tratto di anello dello sviluppo di 50 m misurati sulla circonferenza di mezzeria, se inferiore alla porzione precedente;
- b) alla sua destra, la porzione di anello fino all'uscita successiva in cui ci possono essere veicoli fermi in attesa; oppure, nel caso di grandi rotatorie, un tratto di anello dello sviluppo di 50 m misurati sulla circonferenza di mezzeria, se inferiore alla porzione precedente.

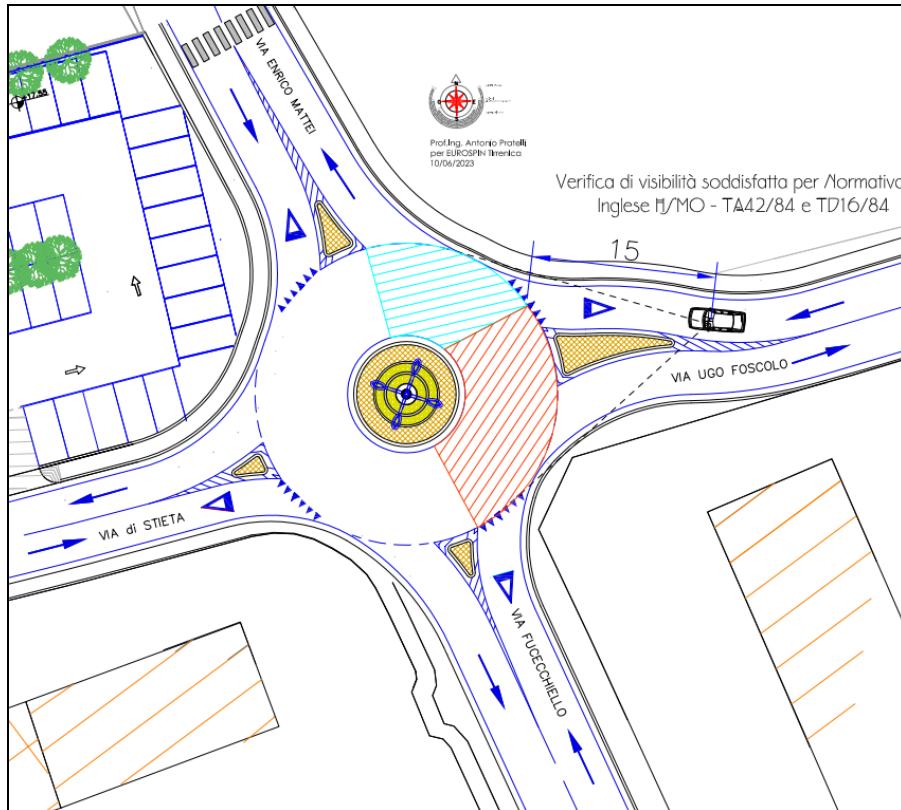
La verifica di visibilità secondo la Normativa Inglese⁷ è più completa ed appropriata e comunque comprensiva di quella parziale suggerita dal DM 1699/2006. Le verifiche di visibilità così condotte per ciascuna delle quattro entrate della rotatoria proposta nel progetto di adeguamento viario dell'attuale intersezione a raso tra Via di Stieta/Via di Fucecchiello/Via Foscolo/Via Mattei, a Fucecchio (Fi), risultano pienamente soddisfatte; come si può vedere in dettaglio nelle figure che seguono.



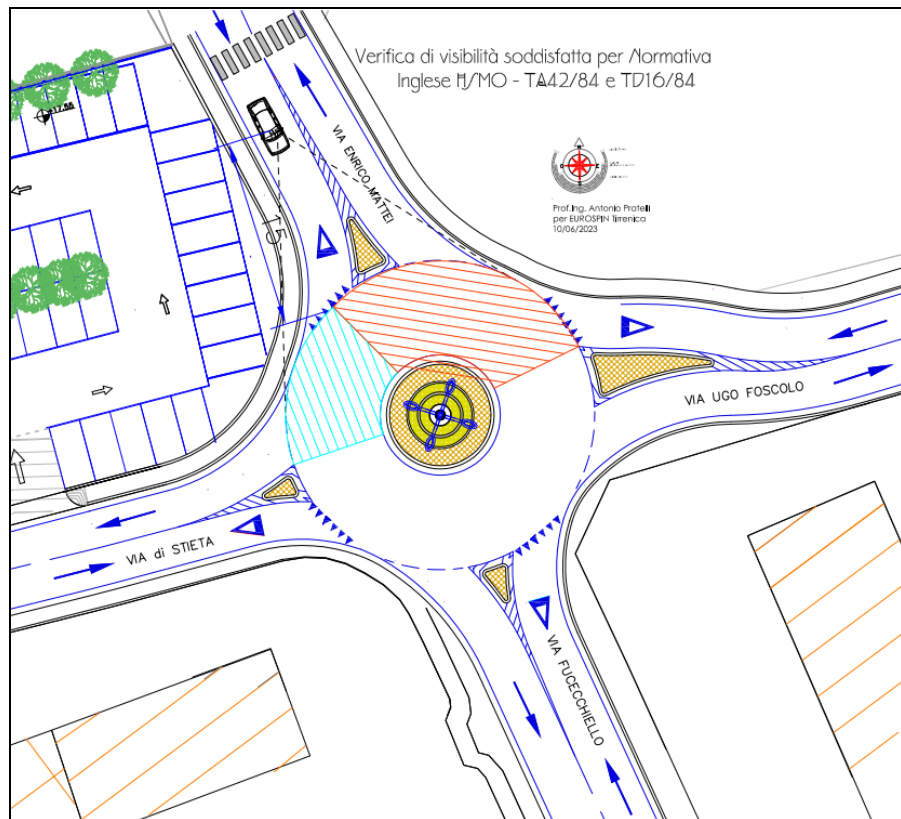
Verifica delle distanze di visuale libera per la rotonda in progetto: entrata di Via di Stieta (Ovest).



Verifica delle distanze di visuale libera per la rotonda in progetto: entrata di Via di Fucecchiello (Sud).



Verifica delle distanze di visuale libera per la rotonda in progetto: entrata di Via Ugo Foscolo (Est).



Verifica delle distanze di visuale libera per la rotonda in progetto: entrata di Via Enrico Mattei (Nord).

CAPACITÀ E LIVELLO DI SERVIZIO

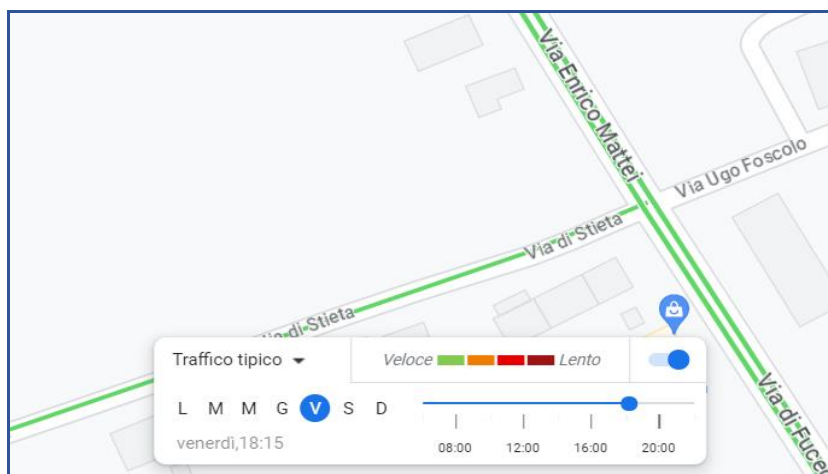
L'incrocio in esame si trova in una zona periferica, quasi rurale, della cittadina di Fucecchio e le strade che vi convergono sono percorse da volumi traffico di media se non di modesta entità. Infatti, in generale prima di effettuare dei calcoli di capacità sarebbe buona pratica stabilire se, nel contesto e nell'ambito specifico di ubicazione, possono presentarsi effettivamente o meno dei problemi legati alla capacità della rotatoria. Con questo scopo, la Normativa Francese (CERTU, 2010) raccomanda di considerare preventivamente i valori dei flussi di traffico nel periodo di progetto determinando la portata totale $Q_{e,Tot}$ entrante in rotatoria per una prima stima, seppure approssimata, del grado di saturazione, dato che per:

- ✓ $Q_{e,Tot} < 1500$ auto/h: di solito non si presentano problemi di capacità;
- ✓ $1500 < Q_{e,Tot} < 2000$ auto/h: non si hanno problemi di capacità qualora per ogni entrata i -esima il flusso in ingresso $Q_{e,i}$ risulti minore di 1000 pce/h;
- ✓ $Q_{e,Tot} > 2000$ auto/h: sono necessari i calcoli di capacità mediante modelli matematici idonei alla tipologia di appartenenza della rotatoria..

Per caratteristiche geometriche e funzionali e secondo la Normativa (DM n.6792/01) Via di Stieta, Via Fucecchiello, Via Mattei e Via Foscolo possono essere assimilate, tutt'e quattro, ad una strada di categoria F, locale urbana, che è contraddistinta da una capacità $C = 800$ auto/h per corsia.

In mancanza di dati di traffico da fonti ufficiali, si ricorre al servizio Google Maps™ offerto dalla piattaforma Google Earth-Pro dove sono reperibili, per l'ora di punta del pomeriggio del giorno feriale tipico e cioè per l'ora di progetto, le informazioni sulle condizioni del traffico⁴ nella zona d'interesse e quindi anche per il nodo d'intersezione in esame. Per tale nodo viario esistente e nell'ora di punta del pomeriggio risultano delle condizioni di traffico veloce e scorrevole rappresentate con colore verde. Queste condizioni del deflusso veicolare sono rappresentate con colore verde e pertanto possono ritenersi associate ad una qualità della circolazione piuttosto buona ed equivalente al livello di servizio, o LoS, "B". Al livello di servizio "B" corrisponde infatti un grado di saturazione x , dato dal rapporto tra il flusso Q e la capacità C della strada, che è pari a $x = Q/C = 0,70$.

⁴ Periodo per periodo, Google Maps™ "legge" le velocità di percorrenza dei veicoli attraverso gli smartphone dei conducenti, che inviano costantemente dati anonimi sulla loro posizione, raccolti dal GPS o dalle connessioni dati e Wi-Fi rilevate, ai server di Google. La velocità media di percorrenza effettiva della corrente di traffico viene quindi determinata e messa a confronto con la velocità massima consentita su quella strada. Sulla mappa della zona compaiono delle linee colorate sovrapposte alle strade che fanno parte della zona stessa. La linea verde vuol dire che il traffico su quella strada è veloce e scorrevole, quella arancione che è meno scorrevole del previsto, quella rossa vuol dire che c'è un ingorgo e che si procede molto più lentamente. Google Maps™ prende come riferimento per la velocità di percorrenza di una strada le indicazioni sui limiti di velocità: se il limite è 50 km/h e si viaggia a 40 km/h la strada sarà verde o al massimo arancione, ma se il limite è 90 km/h e la velocità di deflusso è a 40 km/h allora la strada sarà probabilmente rossa. (<https://www.fastweb.it/web-e-digital/traffico-google-maps/>).



Mappa della zona d'interesse definita dall'incrocio di Via di Stieta, con Via Mattei, Via Foscolo e Via di Fucecchiello con le condizioni stimate del traffico tipico che caratterizzano le diverse strade nell'ora di punta del pomeriggio del giorno feriale, o ora di progetto (da Google Maps™, Aprile 2021).

Da ciò segue che per una qualunque corsia di ciascuna delle quattro strade convergenti nella rotatoria in esame si può stimare, in via cautelativa, un flusso di traffico nel periodo di progetto pari a $V^* = \beta \times 0,70 \times C$; dove β è un coefficiente riduttivo che è funzione dell'ambito specifico in cui ricade la strada in esame, per cui qui si assume $\beta = 0,85^5$ ottenendo quindi $V^* = 476$ auto/h/corsia.

Dalla Relazione⁶ di stima del traffico indotto dal nuovo Supermercato, allegata in un elaborato a sé stante, risulta una portata di traffico dell'ora di progetto di $Q_e^* = 87$ auto/h in entrata ed altrettanto per la porta in uscita.

Sempre per le caratteristiche peculiari del contesto urbano della zona d'interesse si considera che: a) il 70% del predetto traffico indotto sia attribuibile a Via di Stieta e a Via Fucecchiello, in ugual misura 50/50; b) il restante 30% sia attribuibile, ancora in ugual misura 50/50, a Via Enrico Mattei e a Via Ugo Foscolo. Con queste assunzioni si vengono così a definire i seguenti valori delle portate dell'ora di progetto sulle corsie delle diverse quattro strade convergenti nei rispettivi rami della rotatoria in esame:

a) Via di Stieta e Via Fucecchiello: $Q_e^* = Q_u^* = (476 + ((87 \times 0,70) / 2)) = 507$ auto/h;

b) Via Enrico Mattei e Via Ugo Foscolo: $Q_e^* = Q_u^* = (476 + ((87 \times 0,30) / 2)) = 489$ auto/h;

Con questi valori delle portate in entrata ed in uscita sui vari rami della rotatoria viene applicato un algoritmo euristico⁷ di ripartizione iterativa su modello gravitazionale si viene a determinare la matrice O/D di progetto dei flussi di traffico delle diverse manovre, dritto svolta a sx e svolta a dx, che è subito qui di seguito riportata.

⁵ Pratelli A., "Ingegneria dei Sistemi di Trasporto", III Edizione, Pitagora Editrice, Bologna 2019.

⁶ Piano Attuativo di Iniziativa Privata, Comparto PA 31 – Comune di Fucecchio: "Stima dei flussi di traffico generato e degli effetti attesi dalla realizzazione della nuova Media Struttura di Vendita", 15 Aprile 2022.

⁷ Pratelli A., Sordi L. and Farina A. (2021) "Methods to generate an expected turning traffic flows matrix for road junction analysis", International Journal of Transportation Development and Integration, Vol. 5, n. 1, pp. 1-14.

Mo/d	1	2	3	4	Q_e
Via di Stieta (1)	0	175	166	166	507
Via Fucecchiello (2)	175	0	166	166	507
Via Ugo Foscolo (3)	166	166	0	157	489
Via Enrico Mattei (4)	166	166	157	0	489
Q_u	507	507	489	489	

Per il calcolo della capacità delle entrate della rotonda in esame si applica quindi il modello CETUR⁸ della Normativa Francese, adatto a rotonde in ambito urbano e con un diametro esterno minore di 40 m. La procedura del modello CETUR⁸ è stata implementata in ExcelTM e di seguito ci sono i risultati conseguiti.

CETUR

$C_e = \gamma(1500 - 0,83Q_g)$

ramo	γ
1	1
2	1
3	1
4	1

entrate ad 1 corsia per ogni ramo

$Q_g = bQ_c + 0,2Q_u$ Q_c = flusso circolante Q_u = flusso in uscita Q_g = flusso di disturbo

b
0,9 (ANN < 8 m e diametro D < 40 m)

Qg (flussi di disturbo)	
542	(uvp/h)
542	(uvp/h)
554	(uvp/h)
554	(uvp/h)

ramo	Q_c	Flussi circolanti
1	489	Q32
2	489	Q13
3	507	Q21
4	507	Q22

ramo	Q_u = OUT	Q_e = IN
1	507	507
2	507	507
3	489	489
4	489	489

ramo	Capacità C_e	$x = Q_e/C_e$	LoS
1	1051	0,48	A
2	1051	0,48	A
3	1040	0,47	A
4	1040	0,47	A

LOS	Travel Speed (in K.P.H)	Volume/Capacità Ratio
A	80	0.60
B	40	0.70
C	30	0.80
D	25	0.90
E	25	.95
F	15	>1

Livelli di servizio di una strada in ambito urbano in funzione del grado di saturazione
(tratto da: Kadiyali L., "Traffic Engineering and Transportation Planning". Khanna Publishers, 2010).

Per ogni singola entrata dal rispettivo ramo della rotonda, il valore $Q_{e,i}$ della portata è non superiore alla capacità $C_{e,i}$:

Entrata ramo 1 (Via di Stieta): $Q_{e1} = 507 \text{ auto/h} \leq 1051 \text{ auto/h} = C_{e,1}$

Entrata ramo 2 (Via di Fucecchiello): $Q_{e2} = 507 \text{ auto/h} \leq 1051 \text{ auto/h} = C_{e,2}$

Entrata ramo 3 (Via Ugo Foscolo): $Q_{e3} = 489 \text{ auto/h} \leq 1040 \text{ auto/h} = C_{e,3}$

Entrata ramo 4 (Via Enrico Mattei): $Q_{e4} = 507 \text{ auto/h} \leq 1051 \text{ auto/h} = C_{e,4}$

⁸ CETUR "Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques". Lyon 1988.

Ciascuna entrata della mini-rotatoria si trova al livello di servizio di LoS "A", che corrisponde a condizioni ottimali del deflusso del traffico e così risulta sempre migliore al limite di soglia accettabile di Normativa ammesso per l'ambito urbano, che è LoS "D".

In conclusione, nelle condizioni di traffico dell'ora di progetto risultano pienamente soddisfatte tutte le verifiche di capacità e di livello di servizio riferite al progetto dell'adeguamento viario con soluzione geometrica a mini-rotatoria dell'attuale incrocio libero a raso tra Via di Stieta, Via Fucecchiello, Via Ugo Foscolo e Via Enrico Mattei, a Fucecchio (Fi).

.....*o o*.....