

**Responsabile del dominio
delle Infrastrutture**
Prof. Ferdinando Corriere

Collaboratori
Ing. Roberto Russo
Ing. Vincenzo Lollo
Dott. Roberto Russo
Dott. Alessandro Carollo

Provincia Regionale di Agrigento

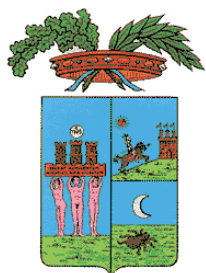
SCHEMA DI MASSIMA

Piano Territoriale Provinciale

L.R. 9/1986

Analisi del dominio dei trasporti

ALLEGATO 3



Relazione Generale dello Schema di Massima

Dominio delle infrastrutture e dei trasporti

1. PREMESSA.....	2
2. LA RETE VIARIA.....	3
3. LA RETE FERROVIARIA.....	3
4. IL SISTEMA PORTUALE	4
5. IL SISTEMA AEROPORTUALE.....	4
6. ANALISI DELLE CRITICITÀ ATTUALI E DELLA PIANIFICAZIONE DI MEDIO - LUNGO TERMINE.....	4
7. LO SCENARIO DI MEDIO - LUNGO TERMINE.	5
7.1. - PREVISIONI DELLA DOMANDA DI TRASPORTO.....	5
7.2. - VERIFICA DEGLI INTERVENTI.....	5
8. LO STUDIO DELLA MOBILITÀ DEI TRASPORTI E DEL TRAFFICO.	6
8.1. LA DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	6
8.2. LA METODOLOGIA DI APPROCCIO SISTEMICO.....	7
8.2.1. <i>La definizione della rete di trasporto</i>	8
8.2.2. <i>Le fasi della pianificazione del sistema dei trasporti</i>	9
8.2.3. <i>Il problema dell'assegnazione di equilibrio del traffico</i>	11
9. VALUTAZIONE DEL PROGRAMMA D'INTERVENTI ED INDIVIDUAZIONE DELLE PRIORITÀ D'ATTUAZIONE	12
10. PROGRAMMA DI MASSIMA DELLE INDAGINI, DEI RILIEVI E DEI MONITORAGGI DEI FLUSSI VEICOLARI	13
10.1 RILIEVI DELL'OFFERTA DI TRASPORTO	13
10.2 INDAGINI SULLA DOMANDA DI MOBILITÀ.	13
11. CONSIDERAZIONI E VALUTAZIONI SUL SISTEMA DELLA MOBILITÀ PROVINCIALE	14
11.1 DATI DI RIFERIMENTO.	15
12. GLI INTERVENTI SUL SISTEMA DEI TRASPORTI PREVISTI DAL PIANO	16



1. Premessa.

Il programma di sviluppo socio economico della Provincia e le previsioni di assetto territoriale ad esso correlate attribuiscono al sistema dei trasporti un ruolo di grande centralità.

La provincia di Agrigento risente pesantemente gli effetti di una realtà infrastrutturale arretrata che si manifesta sostanzialmente su due livelli:

- Un primo livello riguarda le carenze dei collegamenti tra il capoluogo della provincia e le altre principali aree urbane e metropolitane della regione;
- Un secondo livello è costituito dalla insufficiente accessibilità ai centri minori del territorio provinciale, stante l'assenza di una efficiente interconnessione degli assi viari in un idoneo sistema reticolare.

Il presente rapporto descrive i contenuti, gli obiettivi, le metodologie di analisi, i primi esiti di approccio globale per quel che concerne lo specifico studio di settore *della mobilità, dei trasporti e del traffico*, ed, inoltre, fornisce una prima informazione relativa alle caratteristiche del territorio inerenti la specificità del tema trattato.

Lo studio di settore relativo, *alla mobilità, ai trasporti ed al traffico* fa, ovviamente, riferimento ai contenuti stabiliti dalla L.R. n° 9/86 in merito alle prescrizioni da dettare con riguardo alla rete delle principali vie di comunicazione stradali, ferroviarie, marittime ed aeroportuali nonché alla normativa nazionale in merito alla redazione dei **Piani del traffico per la viabilità extraurbana** (art. 36 del D.L. 30/04/1992 n° 285 nuovo codice della strada) cui l'Amministrazione provinciale ha l'obbligo di adeguarsi attraverso la predisposizione degli atti conseguenti.

In particolare il comma 3 dell'art. 36 del citato D.L. 30/04/92 n° 285 stabilisce che: "Le provincie provvedono all'adozione dei piani del traffico per la viabilità extraurbana d'intesa con gli altri Enti proprietari delle strade interessate."

Inoltre il comma 4 dello stesso art. 36 stabilisce obiettivi e finalità dell'azione pianificatoria in tema di viabilità extraurbana: "I piani di traffico sono finalizzati ad ottenere il miglioramento delle condizioni di circolazione e della sicurezza stradale, la riduzione degli inquinamenti acustico ed atmosferico ed il risparmio energetico in accordo con gli strumenti urbanistici vigenti e con i piani di trasporto e nel rispetto dei valori ambientali, stabilendo le priorità ed i tempi di attuazione degli interventi."

L'elaborazione dello studio, per quanto sopra detto, è stata articolata in due fasi distinte di attività:

- la prima fase è consistita nella analisi della situazione attuale e delle criticità emergenti sotto il profilo infrastrutturale e funzionale in rapporto agli obiettivi sopra delineati della sicurezza, della riduzione degli inquinanti e del rispetto dei valori ambientali, archeologici e paesaggistici;
- la seconda fase è consistita nella individuazione delle finalità specifiche e dei criteri per la riorganizzazione del sistema dei trasporti, nonché nella definizione e nella valutazione di soluzioni di intervento attuabili *nel breve termine*, attraverso l'ottimizzazione delle risorse esistenti a livello di infrastrutture, sistemi e mezzi di trasporto;

Tali soluzioni tengono conto degli indirizzi complessivi che sono emersi dagli specialistici approfondimenti del P.T.P. e sono funzionali ad un progressivo adeguamento del sistema della mobilità, coerente con il futuro assetto territoriale.



2. La rete viaria

Per quel che riguarda le infrastrutture di trasporto nel loro complesso, in Sicilia negli ultimi trenta anni si è sviluppata prevalentemente la rete autostradale, ed alcuni nuovi assi viari di collegamento fra i principali nuclei urbani della Regione.

Purtroppo la gran parte degli interventi si è sviluppata al di fuori di un quadro organico di interventi finalizzati all'ottimizzazione funzionale del sistema della mobilità.

Schematicamente la rete viaria principale, interessante il territorio provinciale, è formata da un asse costiero costituito dalla SS 115 e da una serie di strade di penetrazione territoriale, che dipartendosi da questo, collegano i nuclei urbani della costa con gli altri centri della Provincia e della Regione.

La natura delle interconnessioni della rete viaria evidenzia l'esistenza di tre sottosistemi di mobilità che hanno quali poli di generazione-attrazione degli spostamenti i nuclei urbani di Sciacca, di Agrigento e di Licata. L'unico Centro non costiero di un qualche rilievo dal punto di vista della distribuzione della domanda di trasporto è quello di Canicattì.

Le principali vie di collegamento con gli altri capoluoghi della Regione sono rispettivamente la SS 189 (Agrigento-Palermo), la Palermo-Sciacca, la SS 640 (Agrigento-Caltanissetta), la SS 123 (strada di collegamento Licata-Ravanusa con la Gela Caltanissetta).

La conformazione della rete delle strade provinciale ed ex consortili evidenzia una convergenza verso i poli anzidetti risultando carenti i collegamenti tra i centri minori e la loro reciproca accessibilità.

Secondo il Programma di sviluppo socio-economico della provincia di AG, la proposta di viabilità per gli anni novanta doveva in generale raggiungere i seguenti obiettivi:

- a) Aumento dell'accessibilità alle aree interne della Provincia;
- b) Avvicinamento della provincia agli snodi di traffico con il continente;
- c) Costruzione di varianti dove le arterie attraversano i centri abitati,
- d) Eliminazione degli innesti a raso esistenti;
- e) Recinzione delle arterie ad alto scorrimento.

Nello stesso documento vengono proposte una serie di azioni puntuali sugli itinerari viari più importanti ed, in particolare:

- Itinerario sud-occidentale (SS115).
- Itinerario Agrigento - Palermo.
- Itinerario Agrigento - Caltanissetta - A19.
- Itinerario Sciacca - Palermo.
- Itinerario Licata - Ravanusa.

3. La rete ferroviaria

Anche per la rete ferroviaria agrigentina è direttamente interessata ai piani di ammodernamento del sistema ferroviario siciliano.

In particolare, il Programma di sviluppo socio-economico evidenzia l'esigenza del miglioramento degli itinerari Agrigento - Fiumetorto ed Agrigento - Caltanissetta - Enna - Catania.

Tali azioni risultano strategiche per il collegamento della Provincia con le dorsali tirrenica e ionica per le quali sono previsti i raddoppi.

Altre proposte avanzate sono le seguenti:



- Elettificazione della Canicattì - Gela con installazione del CTC (controllo traffico centralizzato).
- Proposta di potenziamento del numero di convogli sull'asse Cammarata - Agrigento
Quest'ultima proposta sarebbe tesa a contribuire ad una maggiore concorrenzialità della modalità di trasporto su ferro rispetto al sistema stradale.

4. Il sistema portuale

Il sistema portuale della Provincia di Agrigento è costituito sostanzialmente dalle tre infrastrutture marittime di Sciacca, Porto Empedocle e Licata.

Porto Empedocle si caratterizza per la maggiore entità di merci movimentate (oltre 1.000.000 di tonnellate annue) fra i porti della provincia; il porto di Sciacca è invece prevalentemente peschereccio e quello di Licata fortemente sotto utilizzato rispetto la sua potenzialità.

Il volume totale di traffico totalizzato nei porti della provincia di Agrigento è pari a circa il 7% del totale della regione, escludendo, beninteso, i prodotti petroliferi.

Da una prima analisi dei dati del contesto territoriale, appare opportuna la previsione di un centro intermodale per le merci in prossimità di Porto Empedocle per una migliore funzionalità dell'infrastruttura portuale ed un miglioramento complessivo del sistema della mobilità a supporto delle attività localizzate sul territorio.

5. Il sistema aeroportuale

Il programma di sviluppo socio – economico della Provincia, riafferma la “necessità” della realizzazione di una struttura aeroportuale a servizio dell'area sud – occidentale della Sicilia, infrastruttura, peraltro, prevista anche dallo schema del *Piano Regionale dei Trasporti*.

Da quando, per la prima volta, si è ipotizzata la realizzazione di uno scalo aereo ad Agrigento, sono accaduti fatti di rilievo quali la decisione di smilitarizzare l'aeroporto di Comiso (oggi in fase di realizzazione), l'avvio del progetto Konver per la riconversione ad usi civili della base, l'intenzione, recepita anche dal P.T.P. di Ragusa, di realizzare una strada costiera che interessa l'intera fascia sud – orientale e che si protende verso la provincia di Agrigento.

In effetti, le analisi sulle attuali condizioni di accessibilità evidenziano la forte penalizzazione dell'area provinciale relativamente all'utilizzazione delle infrastrutture aeroportuali esistenti.

E' stata oggetto di grande attenzione la scelta del sito dello scalo anche con riguardo alla configurazione attuale e prevista della rete viaria di grande comunicazione ed alle realtà locali dei territori delle provincie contigue.

6. Analisi delle criticità attuali e della pianificazione di medio - lungo termine.

È stata effettuata un'adeguata analisi delle criticità esistenti nella situazione in atto dal punto di vista:

- del livello di servizio della rete stradale extraurbana,



- degli standard qualitativi dei servizi pubblici;
- della funzionalità della rete di trasporto;
- dell'integrazione del sistema di trasporto provinciale con quello regionale;
- della sicurezza della circolazione;
- degli impatti ambientali.

Sono stati specificatamente analizzati nel dettaglio i contenuti dei progetti e programmi di intervento per il potenziamento e l'adeguamento del sistema della viabilità e dei trasporti e sono stati tenuti nella opportuna considerazione nell'elaborazione dello studio.

7. Lo scenario di medio - lungo termine.

Con riferimento ai contenuti della pianificazione di settore (Piano dei Trasporti della Provincia di Agrigento) ancora da elaborare da parte dell'Amministrazione provinciale, nonché del P.T.P. in corso di formazione, sono stati predisposti due scenari sequenziali di domanda e di offerta di trasporto:

- ◆ uno scenario di medio termine, che fa riferimento agli interventi infrastrutturali e di riassetto ed uso del territorio realizzabili nel medio termine;
- ◆ uno scenario di lungo termine che fa riferimento all'assetto futuro previsto dagli strumenti di programmazione.

Le proposte di intervento contenute nei due scenari sono state verificate valutando gli effetti prodotti sul sistema della mobilità futura.

7.1. - Previsioni della domanda di trasporto.

La domanda di trasporto viene stimata applicando ai modelli di domanda la distribuzione delle residenze, delle attività economiche e dei servizi (sulla base degli elementi forniti dal committente e reperiti presso le altre pubbliche Amministrazioni), in accordo a quanto previsto dal P.T.P.

Da questa applicazione sono state valutate le matrici di distribuzione e di assegnazione del traffico su strada secondo il motivo dello spostamento.

7.2. - Verifica degli interventi.

Il nuovo assetto dell'offerta di trasporto per le diverse modalità (pubblico, privato, intermodalità, sosta, ecc.) derivato dagli interventi previsti dal P.T.P., è stato valutato in relazione alla mutata distribuzione spaziale della domanda in termini di:

- ripartizione modale tra trasporto pubblico e privato;
- livello di utilizzo dei nuovi impianti e servizi di trasporto;
- capacità di fornire risposte adeguate alle esigenze di mobilità espresse;
- effetti prodotti: congestione, inquinamento atmosferico ed acustico, livelli di sicurezza, impatto ambientale



8. Lo studio della mobilità dei trasporti e del traffico.

8.1. La definizione degli interventi.

I contenuti dello studio hanno riguardato principalmente la definizione tecnica e la programmazione funzionale degli interventi attuabili nel medio termine sulla riorganizzazione e sul controllo dell'offerta complessiva di trasporto nonché la valutazione della domanda di mobilità. In altri termini, i contenuti dello studio riguarderanno tutti quegli interventi che consentono di ottimizzare l'utilizzo delle risorse esistenti

In via generale lo studio ha tenuto conto degli orientamenti fondamentali del redigendo P.T.P. in tema di politica del trasporto in ambito provinciale sulla base della legislazione vigente e delle direttive specifiche, in ordine a:

- la necessità di progettare interventi considerando il sistema della mobilità nel suo complesso e non per singoli elementi o sistemi modali;
- l'introduzione di misure di controllo, di gestione e di orientamento della domanda di mobilità nell'ambito territoriale;
- l'introduzione di misure di riequilibrio modale attraverso il miglioramento della offerta del sistema di trasporto pubblico locale

Gli interventi sono concepiti e verificati nella logica dell'intero sistema della mobilità provinciale, considerando in un'unica ottica:

- I diversi momenti dello spostamento (percorrenza e terminal);
- I diversi modi di trasporto (autovetture, mezzi pubblici, mezzi a due ruote);
- La diversa tipologia di utenza (trasporto merci e passeggeri);
- Le diverse componenti della mobilità (interna, di scambio e di attraversamento);

Lo studio inoltre ha tenuto conto anche di specifici criteri di intervento (autoporti) per il sottosistema del traffico delle merci da attuare in quegli ambiti dove si verificano particolari criticità ambientali prodotte da questa tipologia di traffico.

In particolare, in relazione alle peculiari caratteristiche territoriali (ambientali e di mobilità), che emergeranno nel corso delle analisi preliminari, specifica attenzione dovrà essere rivolta, ***nell'ambito del piano del traffico per la mobilità extraurbana***, agli aspetti di seguito evidenziati:

- classificazione funzionale della rete stradale, in relazione alle caratteristiche delle singole arterie (autostrade, strade statali e di grande comunicazione, strade provinciali, intercomunali, locali e di penetrazione agricola) prendendo in considerazione la possibilità di definire tipologie intermedie a quelle indicate dal Codice, in relazione alla dotazione infrastrutturale presente nel territorio;
- elementi per la definizione del regolamento viario e delle occupazioni del suolo pubblico;
- riorganizzazione e controllo della viabilità principale, mediante:
 - l'analisi delle intersezioni più critiche e delle necessità di adeguamento delle caratteristiche geometriche delle strade;
 - l'adeguamento delle intersezioni a raso;
 - la separazione delle correnti di traffico di differente tipologia;
 - l'ampliamento degli itinerari protetti per i mezzi pubblici;
 - l'adeguamento della segnaletica fissa e variabile;
- proposte per la intermodalità del trasporto passeggeri e merci con particolare riguardo alle previsioni di recupero funzionale della viabilità principale e secondaria, alla valorizzazione della struttura portuale di Porto Empedocle; ed al ruolo che dovrà assumere il sistema ferroviario;



- miglioramenti per la mobilità pedonale nelle zone turistiche costiere e per le componenti di traffico non motorizzate (piste ciclabili);
- individuazione di eventuali isole ambientali di interesse sovracomunale;
- criteri di organizzazione e di gestione coordinata degli impianti di parcheggio e degli spazi per la sosta, finalizzata prioritariamente alle funzioni di interscambio privato - pubblico
- criteri di riorganizzazione e di regolazione della circolazione dei veicoli commerciali e delle aree destinate alla distribuzione delle merci;
- sarà inoltre presa in esame l'opportunità di introdurre sistemi telematici di gestione e controllo del traffico nelle aree a maggiore densità di traffico con servizi di messaggistica ad aspetto variabile per l'utenza e di coordinamento funzionale con i mezzi pubblici.

Sarà, infine, ribadita la necessità per l'Amministrazione provinciale, di dotarsi di opportuni strumenti progettuali che contengano indicazioni sui provvedimenti da adottare per fare fronte ad eventuali criticità ambientali emergenti (superamento limiti di "attenzione" e di "allarme" delle emissioni di CO, NO_x e di altre sostanze inquinanti) nel rispetto di quanto disposto in merito dagli specifici decreti emanati dal ministero dell'Ambiente (dette criticità saranno valutate sulla base degli scenari ambientali dedotti, in chiave sistemica, dalle previsioni delle condizioni di utilizzazione della rete viaria a seguito delle previsioni di Piano).

8.2. La metodologia di approccio sistemico.

Il problema del progetto di una rete di trasporto comporta problemi decisionali sull'intera gerarchia di livelli strategici, tattici ed operativi di un sistema di trasporto. Al livello decisionale più elevato, le scelte di progetto determinano l'efficacia di una pianificazione strategica di lungo termine.

In questo livello, si presenta il difficile studio delle decisioni strategiche di investimento capitale ed il ruolo di queste decisioni nella definizione delle infrastrutture della rete del sistema di trasporto e, quindi, nelle risorse che saranno disponibili per la pianificazione del sistema di trasporto in generale.

Le decisioni del livello tattico, invece, sono quelle di una pianificazione a medio termine e riguardano l'effettivo utilizzo delle risorse piuttosto che la loro acquisizione. Una decisione tattica può, ad esempio, consistere nel modificare il livello di servizio di una strada, aggiungere od eliminare una intersezione a livelli sfalsati ovvero, più in generale, in un diverso uso delle strade esistenti.

Infine, molte decisioni di progetto di rete derivano da problemi di pianificazione operativa a breve termine come ad esempio l'adeguamento dei nodi di traffico e la programmazione di interventi di manutenzione sulle strade extraurbane, etc.

Si tratta, in generale, di riuscire a definire un insieme ammissibile di azioni (investimenti) tra tutte quelle possibili che, ottimizzi alcune funzioni obiettivo. L'ammissibilità di un insieme di azioni è determinata dalla disponibilità delle risorse e dai vincoli fisici ed ambientali del sistema di trasporto.

Tali problemi, noti in letteratura come *Network Design Problems* (NDP), possono essere formulati mediante variabili decisionali discrete o continue a seconda delle assunzioni riguardanti la divisibilità dei miglioramenti sugli archi. Allora, in una formulazione discreta del problema si considerano le aggiunte o le modifiche di segmenti stradali, mentre, in una formulazione continua si vorrà individuare l'incremento ottimale di capacità degli archi stradali già esistenti.



8.2.1. La definizione della rete di trasporto

Il termine “rete” (*network*) viene usualmente utilizzato per descrivere una struttura che può essere fisica (ad esempio, strade ed intersezioni o linee telefoniche, etc.) o concettuale (ad esempio, reti di informazioni sociali, relazioni di affiliazioni, stazioni radio e/o televisive, etc.). In ogni caso, il concetto di rete si fonda sulla presenza di due elementi fondamentali: un insieme di punti ed un insieme di segmenti di linee che connettono tali punti.

Questa osservazione conduce ad una definizione matematica di *rete* come un insieme di *nodi* (o *vertici* o *punti*) ed un insieme di *archi* (*link*) che connettono tra loro i nodi

Le reti sono rappresentabili a mezzo di *grafi* ai cui archi è associata una caratteristica quantitativa che influisce sul flusso presente in esso denominata *impedenza*. L’impedenza può rappresentare, nel caso di reti elettriche, una resistenza elettrica, nel caso di reti di trasporto, il tempo, il costo, una utilità o una qualsiasi altra misura rilevante. Spesso si preferisce usare il termine “livello di servizio” al posto di impedenza, quando si misura il flusso dell’arco in termini di veic/h che transitano attraverso una data sezione di arteria. Ovviamente, un alto livello di servizio implica una bassa impedenza.

Una rete di trasporto si compone di intersezioni e di strade lungo le quali scorre il traffico; questi elementi possono essere naturalmente traslati in una struttura di nodi e di archi rispettivamente. La misura di impedenza di ciascun arco della rete è data, solitamente, dal tempo di attraversamento dell’arco.

Il processo di pianificazione di un sistema di trasporto in un comprensorio fa riferimento ad una suddivisione dell’area di studio in zone di traffico. La dimensione di ciascuna di queste zone dipende dal livello di aggregazione dei dati disponibili e dal livello di dettaglio di rappresentazione dell’area; ciascuna zona di traffico è rappresentata da un nodo chiamato *centroide di zona* (o semplicemente *centroide*), oltre ai centroidi, la rete si compone di un certo numero di *nodi semplici* i quali rappresentano le intersezioni stradali, le fermate dei bus, le zone di interscambio modale etc.

I centroidi sono quei nodi nei quali si origina la domanda e si esaurisce l’offerta, cioè quei nodi che sono origine e destinazione dei viaggi. Una volta definito l’insieme dei centroidi, si esprimono gli spostamenti sull’intera rete in termini di una *matrice di origine-destinazione*. Ogni elemento della matrice specifica, allora, il flusso tra i corrispondenti centroidi di origine e destinazione della rete.

L’impedenza di viaggio, o livello di servizio, associato agli archi della rete urbana può racchiudere in se diverse componenti che riflettono il tempo di viaggio, la sicurezza, il costo di percorrenza e così via. La componente primaria di questa impedenza è, comunque, il *tempo di attraversamento* dell’arco ed è, il più delle volte, usata come unica misura di impedenza degli archi. In effetti, studi empirici hanno mostrato che il tempo di attraversamento costituisce un deterrente primario per il flusso che percorre l’arco.

Il livello di servizio offerto da un sistema di trasporto è funzione del suo dimensionamento ed utilizzo ed, in particolare, il tempo di attraversamento degli archi risulta una funzione crescente del flusso, pertanto, si associa a ciascun arco della rete di trasporto una *funzione di performance* (chiamata in generale *funzione costo*) piuttosto che una misura costante del tempo di attraversamento.

La funzione di “performance”, allora, esprimerà la relazione tra il tempo di percorrenza dell’arco ed il flusso in esso presente. In Fig. 1. è rappresentata la forma di una tipica funzione di performance (o di costo).

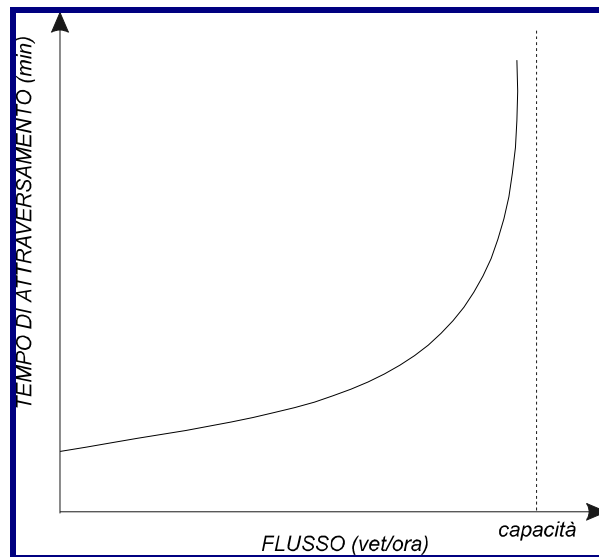


Fig. 1.- Tipica forma delle funzioni di performance

Il tempo di percorrenza corrispondente ad un valore nullo di flusso è noto come *tempo di percorrenza ad arco scarico (free-flow travel time)*. In questo punto, una vettura percorre l'arco senza rallentamenti causati dalle interazioni con altre vetture che si muovono nello stesso arco.

Al crescere del flusso, il tempo di percorrenza cresce monotonamente fino a diventare, tipicamente, asintotico ad un livello di flusso noto come *capacità*. La capacità è il flusso massimo che può attraversare un arco.

Quando il flusso approssima il livello di capacità, le code alle intersezioni cominciano a crescere fino a causare la paralisi del traffico.

Se il tempo di percorrenza di un arco è funzione del flusso che percorre solo quell'arco, la funzione di costo si dirà *separabile*. In un'analisi più complessa, invece, si possono considerare funzioni costo *non-separabili* nelle quali il costo di un generico arco dipende dai flussi su più archi, o formalmente, dall'intero vettore dei flussi di arco.

8.2.2. *Le fasi della pianificazione del sistema dei trasporti*

L'approccio classico al processo di pianificazione di un sistema di trasporti si articola in quattro fasi fondamentali non indipendenti (Fig. .2).

La fase di **generazione dei viaggi** consiste nella stima del livello di domanda di spostamento generata ed attratta tra tutti i centroidi di zona.

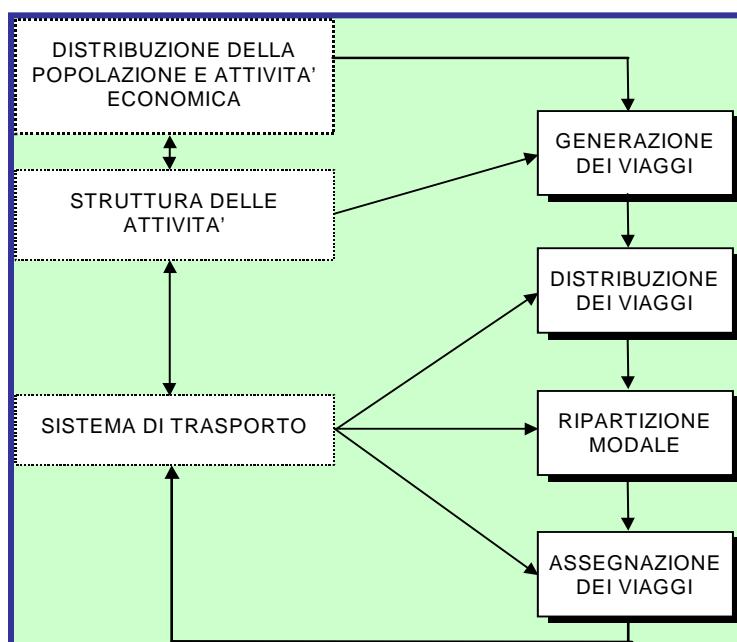


Fig. 2 - Sequenza del processo di pianificazione dei sistemi di trasporto

Questa valutazione può essere effettuata sia su basi *disaggregate* (o microbasi), considerando le caratteristiche dei viaggiatori, sia su basi *aggregate* (o macrobasi) valutando le caratteristiche delle zone. Nel primo caso si tratterà di identificare gruppi omogenei di popolazione, o “tipi” di viaggiatori, per i quali il viaggio è necessario: si impiegano generalmente tecniche statistiche come l'*analisi fattoriale* e la *cluster analysis* o altre tecniche tassonomiche. Lo scopo è comunque, non solo quello di raggruppare la popolazione tipologicamente, ma anche e soprattutto di classificare i gruppi sociali in base alle attività che causano una domanda di spostamento urbano e l'attrazione verso una determinata destinazione: industriale, scolastica, commerciale, residenziale, di servizi, governativa.

Nel caso aggregato i metodi di stima della domanda di viaggio consistono di solito nell'applicazione di tecniche di *regressione lineare multivariata* al fine dell'individuazione e del controllo delle relazioni fra le caratteristiche zonali, quali il numero medio di macchine, la grandezza media della famiglia, la distanza dalle zone commerciali, la composizione industriale, il carattere residenziale, etc., ed i tassi di spostamento da/per una determinata zona.

In quest'ultimo caso diventa fondamentale l'individuazione di descrittori del sistema di trasporto, dato che il *livello di servizio* offerto influenza la domanda di spostamento.

La fase di **distribuzione dei viaggi** consiste nella stima del numero di viaggi per unità di tempo che devono essere fatti in certe circostanze fra ogni coppia di zone in una data area di analisi. Nella maggior parte dei modelli il *pattern* di spostamenti stimato dipende direttamente dai costi di viaggio. Tali costi, sono, a loro volta, influenzati dalla domanda soprattutto nei casi di congestione dovuti ad alta richiesta di spostamento in brevi intervalli di tempo (orari di punta).

In questa fase si impiegano solitamente dei *modelli gravitazionali*.

Tali modelli assumono che il numero di viaggi tra due qualsiasi zone è paragonabile alla forza gravitazionale tra due corpi. Allora, il numero di viaggi tra ogni coppia O-D viene assunto come proporzionale alla produzione totale di viaggi dell'origine ed all'attrazione totale di viaggi della destinazione ed inversamente proporzionale ad una funzione del tempo di viaggio tra l'origine e la destinazione

La fase di **ripartizione modale** stima le frazioni di viaggio distribuite fra le zone che utilizzeranno i rispettivi modi di trasporto a disposizione: auto, autobus, veicoli a due ruote,



ferrovia, etc.. I modelli comportamentali solitamente usati in questa fase per modellizzare la domanda di trasporto sono del tipo di *utilità casuale*. Questi modelli si basano essenzialmente sulla *natura individualistica della scelta* da parte dell'utente definito come un *decisore razionale*.

La quarta ed ultima fase è quella dell'**assegnazione dei viaggi**. In essa, dopo aver stimato i livelli dei flussi di viaggio attesi tra ogni coppia origine-destinazione, si assegnano queste domande di viaggio ai diversi archi che compongono la rete di trasporto. In effetti, esistono in generale, diversi itinerari o percorsi possibili per raggiungere l'area j dall'area i , ciascuno con le proprie caratteristiche (capacità, distanza o tempo di percorrenza, etc). Il problema dell'assegnazione del traffico è quello di determinare quale frazione della domanda totale T_{ij} dovrà essere caricata su ciascun arco.

Esistono diversi approcci possibili a questo problema; comunque, tutti si fondano generalmente sul principio base che se gli individui sono liberi di scegliere il loro percorso attraverso la rete, allora è naturale assumere che ciascun viaggiatore, nello scegliere il percorso, cerchi di minimizzare il proprio costo di viaggio tenendo conto delle condizioni di traffico risultanti dalle decisioni degli altri viaggiatori. Allora, il primo passo nei metodi dell'assegnazione del traffico è quello di determinare, per ogni coppia origine-destinazione, il percorso con il minimo costo di viaggio (*shortest-path problem*).

Qualunque siano i modelli impiegati in ciascuno stadio del processo, è necessaria una fase di *calibrazione* che si attua mediante il confronto con i flussi di traffico osservati nel presente (e/o nel passato), al fine di poter formulare previsioni future sull'area oggetto di studio.

Solitamente, si effettua una analisi del sistema di trasporto riferendosi ad uno specifico intervallo temporale, studiando, cioè, solo una particolare tipologia di viaggi. In effetti, sarebbe molto difficile riuscire a considerare tutti i "tipi" di viaggi, comunque, i principali problemi di congestione sorgono durante le ore di punta nelle quali la maggior parte degli spostamenti sono dovuti al flusso di individui che si spostano da casa verso il posto di lavoro o di studio.

La determinazione dei flussi sui percorsi implica la soluzione di un problema di equilibrio domanda/performance. Il flusso su ciascun arco è la somma dei flussi di viaggio dei diversi percorsi tra più origini e destinazioni. La *funzione di performance*, definita indipendentemente per ogni arco, esprime il tempo di percorrenza dell'arco in funzione del flusso. La *domanda di viaggio* si fonda sulle scelte degli utenti e non è definibile separatamente per ogni arco. Essa, invece, definisce come gli utenti scelgono le diverse alternative di percorso che connettono ciascuna coppia origine-destinazione. Su questa dicotomia nella definizione delle funzioni di performance e di domanda si basa l'analisi dell'equilibrio performance/domanda secondo la sua natura "sistemica". In altre parole, è impossibile analizzare separatamente un arco, un cammino o una coppia origine-destinazione; ognuna di queste entità fa parte di un sistema complesso che è, appunto, il sistema dei trasporti.

8.2.3. *Il problema dell'assegnazione di equilibrio del traffico*

L'equilibrio è il risultato aggregato delle decisioni individuali. All'equilibrio *nessun utente può ridurre il proprio costo scegliendo un percorso alternativo*. Le due condizioni sopra descritte, definite condizioni di *equilibrio egoistico* (*user-equilibrium*, UE), sono equivalente al "primo principio di Wardrop" (Wardrop, 1952) secondo il quale "una rete si trova in equilibrio se per l'utente è indifferente scegliere un percorso o un altro per raggiungere una destinazione da un'origine già fissata".

Dati gli inconvenienti presentati dalle procedure euristiche, si preferisce affrontare il problema di minimizzazione convessa mediante un algoritmo esatto formulato da Frank e Wolfe nel 1956 per risolvere il generico problema di minimizzazione convessa soggetta a vincoli lineari.



L'algoritmo, noto anche con il nome di "algoritmo delle combinazioni convesse", è un metodo delle direzioni ammissibili. Una direzione ammissibile è la direzione lungo la quale la funzione obiettivo decresce. In particolare, l'approccio dell'algoritmo si basa sulla ricerca della direzione di discesa mediante un'approssimazione lineare della funzione (invece che la funzione stessa) sul punto dato dalla soluzione corrente. Per questa ragione il metodo è anche detto "metodo dell'approssimazione lineare". Ad ogni iterazione, allora, si richiede la risoluzione del programma lineare dato dalla minimizzazione della funzione obiettivo linearizzata soggetta ai vincoli lineari.

Viene risolto, in definitiva, ad ogni iterazione, il seguente programma lineare su tutto il vettore dei flussi \mathbf{y} :

$$\min z^n(\mathbf{y}) = \nabla z(\mathbf{x}^n) \cdot \mathbf{y}^T = \sum_l \frac{\partial z(\mathbf{x}^n)}{\partial x_l} y_l.$$

Dato che il gradiente di $z(\mathbf{x})$ rispetto ai flussi di arco all'iterazione n -esima è dato dal vettore dei costi di viaggio $h_l(x_l^n)$, il programma lineare diventa:

$$\min z^n(\mathbf{y}) = \sum_l h_l(x_l^n) y_l$$

soggetto a:

$$\sum_k g_k^{rs} = t_{rs} \quad \forall r, s \quad g_k^{rs} \geq 0 \quad \forall k, r, s$$

dove y_l e g_k^{rs} sono variabili ausiliarie che rappresentano rispettivamente il flusso sull'arco l ed il flusso sul cammino k tra la coppia origine destinazione r - s . In pratica, si vuole minimizzare il tempo totale di viaggio sull'intera rete con tempi di percorrenza degli archi fissati e pari a $h_l(x_l^n)$.

9. Valutazione del programma d'interventi ed individuazione delle priorità d'attuazione

Il complesso degli interventi verrà valutato per mezzo di un modello matematico del tipo sopra descritto per mezzo, cioè, della assegnazione dei flussi alle reti valutata relativamente ai diversi scenari ipotizzati.

Quest'analisi consentirà di definire, per ogni soluzione presa in considerazione sulla rete:

- i tempi di percorrenza delle strade;
- i tempi di attesa per l'attraversamento dei nodi;
- i tempi totali per gli spostamento O/D;
- l'indice di congestione della rete;
- la verifica funzionale dei tronchi stradali;
- i livelli di inquinamento acustico ed atmosferico;
- l'affidabilità degli itinerari sotto il profilo della sicurezza.

Dal confronto dei risultati così ottenuti verrà selezionato, d'intesa con l'Amministrazione Provinciale, l'insieme integrato e coordinato di interventi ("la soluzione") dai quali potrà scaturire il maggior beneficio (in termini economici per l'utenza ed in termini ambientali per l'assetto del territorio) e che possono contribuire, in maggior misura, all'eliminazione delle disfunzioni della circolazione.



10. Programma di massima delle indagini, dei rilievi e dei monitoraggi dei flussi veicolari

Come specificato al punto 4, la metodologia che si è utilizzata per la valutazione degli interventi farà uso di “*modelli di assegnazione del traffico*”, che simulano le diverse fasi del processo di decisione dell’utente nella scelta dei percorsi.

L’uso di questa metodologia presuppone una dettagliata rappresentazione della situazione attuale in termini d’offerta e di domanda di trasporto.

L’analisi è finalizzata sia ad un’accurata valutazione dello stato del sistema, sia alle successive simulazioni necessarie per valutare i benefici degli interventi ipotizzati e per migliorare la circolazione privata ed il servizio di trasporto collettivo.

La rappresentazione della situazione attuale viene effettuata attraverso:

- analisi e valutazione dell’offerta di trasporto;
- analisi e valutazione della domanda di trasporto;
- calibrazione del modello matematico;

Le attività sono state svolte in stretto coordinamento con i tecnici dell’ufficio del piano allo scopo di consentire un efficace utilizzo dello studio per le successive applicazioni.

Allo scopo di disporre di un sistema di riferimento per la rappresentazione della domanda di trasporto, espressa dalle matrici origine/destinazione degli spostamenti, è stato necessario effettuare una zonizzazione dell’area di studio; questa è stata ottenuta tenendo conto della suddivisione amministrativa dei territori comunali (per il riferimento ai dati di localizzazione delle residenze e delle attività) nonché della rete stradale esistente nell’area.

10.1 Rilievi dell’offerta di trasporto .

Sulla scorta dei dati disponibili all’attualità presso le pubbliche Amministrazioni, è stato costruito un grafo dell’attuale rete viaria principale del territorio provinciale di Agrigento.

Per ogni arco della rete verranno codificate informazioni relative a:

- tipo di strada;
- caratteristiche geometriche fondamentali;
- velocità medie del deflusso;
- capacità di circolazione;

Le informazioni raccolte, opportunamente codificate, sono state memorizzate ed elaborate per la costruzione del grafo della rete stradale da utilizzare per le assegnazioni.

10.2 Indagini sulla domanda di mobilità.

La domanda di mobilità (matrice origine - destinazione) è definita dal numero degli spostamenti che avvengono tra le diverse zone nelle quali è stata suddivisa l’area di studio, in un determinato intervallo di tempo (fascia oraria).

Ci si è avvalsi, per gli spostamenti che hanno origine o destinazione all’esterno dell’area di studio, prevalentemente dei rilievi di traffico effettuati sulle strade statali a cura dell’ANAS in sezioni prossime al “*cordone*” che delimita il territorio provinciale.

Per gli spostamenti all’interno del territorio provinciale, sono stati analizzati i dati ISTAT relativi agli spostamenti pendolari per lavoro e studio elaborati in occasione degli ultimi censimenti della popolazione.



Sono stati anche presi in esame, per il trasporto pubblico, i dati forniti dalle aziende di trasporto extraurbano.

11. Considerazioni e valutazioni sul sistema della mobilità provinciale

Dalle prime analisi dei dati sul sistema socio - economico, di popolazione, delle imprese del turismo e dei trasporti riportati in appendice al presente rapporto preliminare, nonché dalle caratteristiche fisiografiche del territorio e dalla tipologia delle reti di offerta del sistema dei trasporti a servizio dell'area, si traggono le seguenti considerazioni preliminari:

- 1) Il sistema *portante forte* per il soddisfacimento della domanda di mobilità sia all'interno che tra l'interno e l'esterno dell'area di studio è costituito dall'insieme delle seguenti arterie viarie:
 - SS 115 lungo l'itinerario Licata, Agrigento, Sciacca – Mazara;
 - SS. 189 Agrigento, Lercara – Palermo;
 - SS 640 Agrigento – Caltanissetta;
 - SS. 116 Agrigento – S: Stefano di Quisquina;
 - SS. 123 Licata – Ravanusa (collegamento con Caltanissetta – Gela);
 - SS. 386 Sciacca, Ribera, Burgio, Chiusa Sclafani (Prizzi, Corleone);
 - SP. 7 Licata – Riesi;
 - SP. 15/16 SS. 189 – SS. 640
 - SP. 17 SS 189 – SS.115
 - SP. 28 Montallegro – Raffadali;
 - SP. 29 Montallegro – Cattolica Eraclea – Raffadali;
 - SP. 31 Cattolica Eraclea - Cianciana;
 - SP. 32 Ribera – Cianciana;
 - SP. 42 Menfi – Partanna;
- 2) Dal punto di vista della distribuzione della popolazione residente va considerato con grande attenzione il triplice sistema Sciacca – Agrigento - Licata;
- 3) Le connessioni mare - monte sono molto marcate, ma, spesso, non supportate da un buon sistema viario;
- 4) Sono carenti i collegamenti con la grande viabilità regionale e con le province di Ragusa e Siracusa; il collegamento con Palermo presenta condizioni inaccettabili di saturazione (basso livello di servizio) e di pericolosità in quasi l'intero tracciato;
- 5) Vanno valorizzati gli itinerari turistici e quelli agro-turistici recuperando (senza trasformazioni ambientali) il patrimonio delle *trazzere e la rete connettiva interna*;
- 6) L'attenzione del programma viabilità dovrà essere rivolta poi all'individuazione di altre specifiche azioni di aggiornamento sia del sistema viario territoriale che di itinerari di limitata estensione ma comunque strategici per il corretto funzionamento del sistema provinciale (es. circonvallazioni urbane). Una parte importante riveste non solo l'aggiornamento ed il potenziamento della rete primaria, ma anche una strategia di attenzione al sistema di viabilità di



interesse storico ed ambientale che, nel quadro di azioni sul sistema dei beni culturali ed ambientali, appare elemento fondativo di questo territorio, per il quale non può esservi un'azione di semplice salvaguardia, ma va proposto un programma organico di manutenzione ed aggiornamento, mirato principalmente alla conservazione dei tracciati e dei manufatti in quanto valori (capitale fisso) da non disperdere, ma anche alla previsione, entro un quadro di grande attenzione, di quegli interventi necessari di aggiornamento delle condizioni di uso, tuttavia senza lederne i valori costitutivi.

- 7) Per l'adeguamento del subsistema ferroviario possono essere avanzate le seguenti opzioni per contribuire ad una maggiore concorrenzialità ed integrazione della modalità di trasporto su ferro rispetto al sistema stradale:
 - :Elettrificazione della Canicattì - Gela .con installazione del CTC (controllo traffico centralizzato).
 - potenziamento del numero di convogli sull'asse Cammarata – Agrigento.
- 8) Il porto di Porto Empedocle, attualmente con quote di traffico inadeguate alla sua potenzialità, andrebbe inserito nel circuito della intermodalità del trasporto merci ed in quello turistico del Mediterraneo. Da una prima analisi dei dati del contesto territoriale, appare opportuna la previsione di un centro intermodale per le merci in prossimità di Porto Empedocle per una migliore funzionalità dell'infrastruttura portuale ed un miglioramento complessivo del sistema della mobilità a supporto delle attività localizzate sul territorio.
- 9) È ipotizzata la realizzazione di uno scalo aereo nel territorio provinciale di Agrigento, in località Racalmuto anche con riguardo alla configurazione attuale e prevista della rete viaria di grande comunicazione ed alle realtà locali dei territori delle provincie contigue.

11.1 Dati di riferimento.

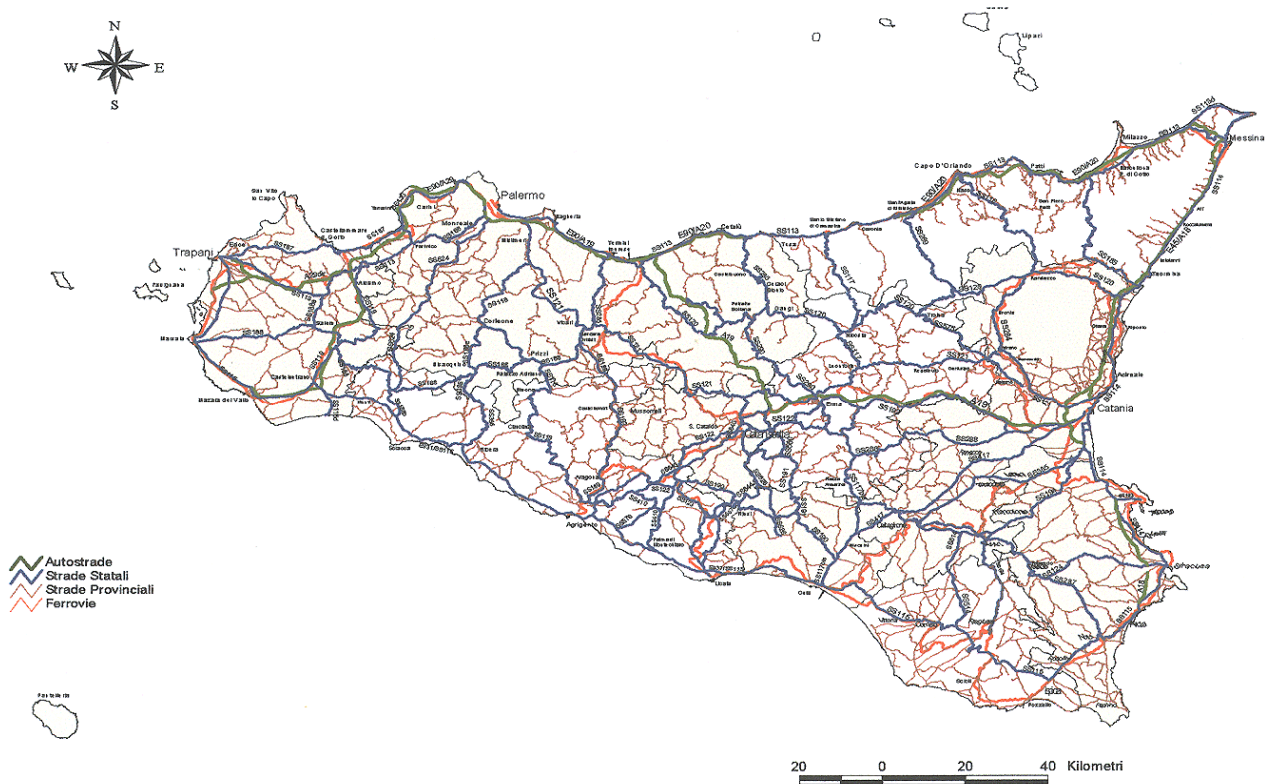
Si riporta nel seguito una breve elencazione dei dati analizzati nella stesura del presente rapporto; in particolare:

- ◆ Rete viaria a livello regionale;
- ◆ Rete stradale della provincia di Agrigento,
- ◆ Il sistema viario della Provincia di Agrigento
- ◆ Popolazione residente nei comuni della Provincia di Agrigento
- ◆ Imprese ed unità locali - censimento - 1991
- ◆ Struttura ed addetti alle Imprese ed istituzioni - censimento - 1991
- ◆ Occupati ogni 1000 abitanti - censimento - 1991
- ◆ Distribuzione dei flussi turistici;



- ◆ Rilevamenti di traffico sulle strade statali (SS. 122, SS.640, SS.115, SS.189);
- ◆ Numero delle navi arrivate e movimento passeggeri nei porti della Provincia;
- ◆ Movimento delle merci nei porti della Provincia.

Rete Stradale e Ferroviaria Siciliana



Rete Stradale e Ferroviaria della Provincia di Agrigento

12. Gli interventi sul sistema dei trasporti previsti dal piano



A seguito delle analisi sviluppate sullo stato di fatto (Tav. 1) e della modellazione matematica dell'assegnazione dei flussi veicolari e delle criticità sulla rete (Tav. 2) e sulla scorta degli altri interventi previsti sullo schema del Piano Territoriale Provinciale, nonché in relazione agli elementi forniti dagli uffici tecnici della Provincia e di quanto contenuto nei piani di medio termine dell'ANAS e di RFI, sono stati proposti i seguenti interventi sul sistema della mobilità:



- Interventi sulla rete viaria

1. Variante in c.da Filici SP24b Cammarata-S. Stefano Quisquina
2. Collegamento SP68-strada comunale
3. Circonvallazione Casteltermini (collegamento SP20-SP21)
4. Svincolo Tumarrano (collegamento SS189-SP26b)
5. Riqualficazione SPr24
6. Riqualficazione SPr60 con collegamento Favara-Naro
7. Circonvallazione Grotte (collegamento SP15a-SP51)
8. Circonvallazione Racalmuto (collegamento SP15b-SP13a-SP15d)
9. Collegamento SP61-SP32
10. Riqualficazione SP32



11. Strada fondovalle limitrofa fiume Magazzolo (collegamento SP32-SS118)
12. Collegamento SPc26-SS118
13. Riqualificazione SPc44-SPc40
14. Riqualificazione SPc09
15. Collegamento SPc28-SP24b
16. Collegamento SPc 59-SP63a
17. Collegamento Menfi-S. Margherita di Belice
18. Collegamento SPr24-SP28
19. Riqualificazione SP28
20. Circonvallazione Agrigento
21. Riqualificazione SPc26
22. Collegamento SP03b-SPr60
23. Collegamento SPc09-SP37
24. Autoporto di Canicattì

- Interventi rete portuale

25. Adeguamento porto di Sciacca
26. Adeguamento porto di Porto Empedocle
27. Adeguamento porto di Licata

- Interventi rete ferroviaria

28. Servizio ferroviario metropolitano nella tratta Aragona-Agrigento-Porto Empedocle

- Interventi settore Aeroportuale

29. Aviopista di Racalmuto
30. Adeguamento Eliporto di Agrigento

Prof. Ing. Ferdinando Corriere