



# incidenti STRADALI in FRIULI venezia GIULIA



RAPPORTO  
2010/16



REGIONE AUTONOMA  
FRIULI VENEZIA GIULIA



# incidenti STRADALI in FRIULI venezia GIULIA

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

Assessorato alle Infrastrutture e territorio

Servizio Lavori Pubblici, infrastrutture di trasporto e comunicazione

Dirigente: Marco Padrini

Centro Regionale di Monitoraggio della Sicurezza Stradale FVG -MITRIS

Responsabile: Iliana Gobbino

Elaborazione e analisi dati:

Nicola Tripani, Luca Zeriali

Matteo Dimai (Servizio programmazione, pianificazione strategica, controllo di gestione e statistica), Francesca Valent (ASUIUD),

Collaborazione all'analisi e all'elaborazione delle mappe:

Marco Driutti (INSIEL S.p.A.)

Assessorato alle Infrastrutture e territorio

Direzione centrale Infrastrutture e territorio

Servizio Lavori Pubblici, infrastrutture di trasporto e comunicazione

Via Carducci, 6 - 34133 Trieste

Tel +39 040 3774722

Fax +39 040 3774732

[lavoripubblici@regione.fvg.it](mailto:lavoripubblici@regione.fvg.it)

[www.regione.fvg.it](http://www.regione.fvg.it) > infrastrutture lavori pubblici > infrastrutture, logistica, trasporti

Si ringraziano la Polizia Stradale, l'Arma dei Carabinieri, le Polizie Locali della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e l'ISTAT, che inviano dati al CRMSS FVG il cui contenuto è utilizzato nella presente pubblicazione.

Si ringraziano INSIEL S.p.A. per la collaborazione straordinaria alla presente pubblicazione e la Direzione centrale salute, integrazione socio-sanitaria e politiche sociali per la condivisione dei dati sanitari.

IL CRMSS FVG è stato cofinanziato dal MIT in attuazione del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale (art. 32 della legge 144/1999) ed è stato istituito con Legge Regionale 25 ottobre 2004, n. 25.

Il Servizio Lavori Pubblici, infrastrutture di trasporto e comunicazione gestisce il CRMSS - FVG in collaborazione con INSIEL S.p.A. quale gestore informatico.

La presente edizione è stata chiusa in redazione il giorno 29 giugno 2018

Riproduzioni e stampe, anche parziali, dovranno riportare in modo visibile la fonte e la proprietà dell'informazione

Progetto grafico: Ufficio stampa e comunicazione Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

Stampa: Centro stampa regionale

RAPPORTO  
2010/16

## PRESENTAZIONE

Si presenta il Rapporto sugli incidenti stradali in Friuli Venezia Giulia nel periodo 2010 - 2016 con l'obiettivo principale di descrivere il fenomeno nella sua distribuzione spaziale, oltre a documentarlo in termini statistici.

Il rapporto si sviluppa nella prima parte, i primi quattro capitoli, che ha valore statistico e descrive al capitolo 4 anche l'evidenza dei dati sanitari associati agli incidenti attraverso il calcolo del DALY.

La seconda parte, costituita dal capitolo 5 e dagli allegati, che comprende le analisi elaborate che descrivono le caratteristiche dell'incidentalità, in termini quantitativi e qualitativi, lungo le strade della regione evidenziando i punti e i tratti più pericolosi.

I risultati di queste analisi sono la base della pianificazione delle infrastrutture stradali in accordo con Il Piano delle Infrastrutture di trasporto, della mobilità delle merci e della Logistica che fa propri gli obiettivi della Piano regionale della Sicurezza Stradale sulla diminuzione degli incidenti e identifica la riqualificazione e la messa in sicurezza della rete stradale quale strumento per il raggiungimento dell'obiettivo di un livello di servizio adeguato e scelto come standard.

Il CRMSS FVG - MITRIS, realizzato e gestito dalla Regione, raccoglie i dati degli incidenti in tutto il territorio regionale al servizio anche degli enti locali e dei gestori delle infrastrutture stradali, poiché le informazioni ivi contenute servono qualunque scala di programmazione e possono essere utilizzate per una pianificazione mirata.

L'implementazione della banca dati e il suo aggiornamento sono possibili grazie al lavoro svolto in collaborazione con la Polizia stradale, i Carabinieri e le Polizie locali che rilevano i dati e le inviano al CRMSS FVG.

Voglio sottolineare infine l'importanza della sinergia con la Direzione generale e la Direzione centrale salute per l'analisi dei dati, la produzione dei report e la redazione di questo rapporto.

Il Rapporto è disponibile anche nella sua versione digitale scaricabile sul sito web [www.regione.fvg.it](http://www.regione.fvg.it) > infrastrutture lavori pubblici > infrastrutture, logistica, trasporti.

L'Assessore alle Infrastrutture e Territorio  
dott. Graziano Pizzimenti

# INDICE

PRESENTAZIONE	5
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>9</b>
Introduzione	10
<b>2. BANCA DATI</b>	<b>13</b>
La banca dati	14
Incidenti con feriti	15
Incidenti mortali	16
Polizie locali	17
Polizia stradale	18
Arma dei Carabinieri	19
<b>3. GLI INCIDENTI IN REGIONE</b>	<b>21</b>
Distribuzione sul territorio	22
Evoluzione temporale	23
Quando avvengono	24
Chi viene coinvolto	25
Dove avvengono	26
La dinamica	27
<b>4. I DATI SANITARI</b>	<b>29</b>
I dati sanitari	30
Infortuni non mortali	32
I DALY persi in incidenti in FVG	34
Natura e luogo incidente	36
Ora, giorno e mese	38
I DALY tra i pedoni	40
DALY e veicoli a 2 ruote	42
<b>5. DENSITÀ INCIDENTALITÀ EXTRAURBANA</b>	<b>47</b>
Densità extraurbana	48
Le zone critiche	50
Le strade più pericolose	52
Monografie assi principali	58
<b>6. INCIDENTALITÀ NEI CENTRI ABITATI</b>	<b>65</b>
Incidenti e centri abitati	66
<b>7. CONCLUSIONI</b>	<b>69</b>
Conclusioni	70
<b>A. ALLEGATI</b>	<b>73</b>
Densità extraurbana	74
Pordenone	75
Udine	76
Gorizia	77
Trieste	78
DALY accumulati - Autostrade e raccordi	79
Strade statali e regionali	80

Ex strade provinciali	81
Cluster analysis	82
Pordenone	84
Udine	86
Gorizia	94
Trieste	96
Incidentalità stradale sulla rete di competenza di FVG Strade - analisi aggregata e modellazione predittiva	103



## INTRODUZIONE

Il presente rapporto analizza i dati degli incidenti stradali della Regione FVG di un settennio dal 2010 al 2016 e segue la pubblicazione del 2012 "Relazione sullo stato dell'incidentalità in Friuli Venezia Giulia", studio basato sui dati riferiti all'anno 2010.

La principale novità, dunque, è una banca dati consolidata e strutturata che contiene dati a macchia di leopardo fino al 1 settembre 2009, data a partire dalla quale acquisisce una valenza completa sulla regione ad eccezione dei comuni di Monfalcone e Trieste che aderiscono negli anni successivi. Il rapporto attuale riparte dal 2010 e analizza i dati fino al 2016, poichè sono in corso in questo periodo (giugno 2018) le correzioni e le verifiche con ISTAT

IL CRMSS FVG raccoglie tutti i dati degli incidenti stradali che accadono in FVG e sono rilevati dalle Polizie Locali, dai Carabinieri e dalla Polizia Stradale; la sua realizzazione ha richiesto un lungo e articolato lavoro di coordinamento e collaborazione con le Prefetture, la Polizia Stradale, i Carabinieri e le Polizie Locali.

Come si vede nei capitoli che seguono il processo che ha portato a una certa regolarità nel flusso dei dati e alla loro completezza non è stato lineare e ha comportato alcuni rallentamenti, principalmente dovuti a due fattori.

La gestione di una banca dati di questa complessità richiede un lavoro articolato e specialistico, poichè oltre all'acquisizione dei dati è indispensabile la verifica della correttezza degli stessi, particolarmente in ordine alla corretta geolocalizzazione e alle conseguenze degli stessi. Questo lavoro

Nel 2015 INSIEL S.p.A. ha realizzato per conto del Servizio lavori pubblici, infrastrutture di trasporto e comunicazione il sito web ARIS FVG (archivio regionale degli incidenti stradali): è un sito di consultazione della banca dati del CRMSS che contiene solo i dati correttamente georiferiti: il

La precedente pubblicazione illustrava le potenzialità del sistema MITRIS e del CRMSS, legate alla messa a sistema di tutti i dati d'incidente georiferiti e al loro collegamento con la banca dati della Sanità.

relative ai dati del 2017, e pertanto nei mesi scorsi si è deciso di non inserire questa annualità nelle analisi e nelle elaborazioni. Il periodo di sette anni è un orizzonte temporale significativo entro il quale si possono stimare fenomeni consolidati per un approccio analitico su scala regionale, con risultati attendibili e una illustrazione realistica del fenomeno nella sua distribuzione temporale e geografica.

Il primo origina dal cambiamento, dal primo marzo 2012, del gestionale per la raccolta incidenti dei Carabinieri, passati a una raccolta centralizzata su scala nazionale: questa modifica ha comportato un adeguamento del sistema d'importazione dei dati dei Carabinieri nel MITRIS e un adeguamento dell'algoritmo di linkage tra i dati del CRMSS FVG - MITRIS e i dati sanitari.

Il secondo fattore riguarda la Polizia Locale di Trieste, che ha iniziato a inviare dati al MITRIS dal 2015 mettendo a disposizione lo storico a partire dal 2013; la percentuale dei dati d'incidente rilevati dalla Polizia Locale di Trieste è molto significativa, poichè si attesta intorno al 20% degli incidenti annui totali in regione.

viene svolto anche in diretta collaborazione con i rilevatori quando necessario e, nella verifica delle conseguenze, con l'Azienda Sanitaria Universitaria Integrata di Udine (ASUIUD) che collabora per la parte di analisi sanitaria e di calcolo del DALY.

CRMSS contiene la totalità dei dati ma circa il 10% in media in questo settennio non è georiferito, con percentuali variabili da anno in anno. Il sito consente di visualizzare le principali statistiche e la distribuzione spaziale degli incidenti con selezione degli ambiti d'interesse.

Il CRMSS FVG - MITRIS è incardinato nel Servizio Lavori Pubblici, infrastrutture di trasporto e comunicazione che è responsabile del coordinamento delle attività, dei rapporti con INSIEL S.p.A. e di quelli con i rilevatori; collaborano alle attività il Servizio programmazione, pianificazione strategica, controllo di gestione e statistica, responsabile dell'invio all'ISTAT dei dati relativi ai Comuni, e la Direzione centrale Salute, integrazione socio-

Proprio mentre andiamo in pubblicazione sono in corso le procedure di gara da parte di INSIEL S.p.A., su incarico del servizio che gestisce il CRMSS e in collaborazione con il Servizio sistemi informativi ed e-government della Direzione generale, per l'acquisizione di un gestionale degli incidenti stradali che sarà messo a disposizione delle Polizie Locali della regione per una raccolta centralizzata. I dati saranno raccolti e custoditi presso la Regione e la

sanitaria, politiche sociali e famiglia con l'ASUIUD per le elaborazioni sul fronte sanitario.

INSIEL S.p.A. è responsabile tecnica delle operazioni d'implementazione della banca dati, degli aggiornamenti al sistema per la parte cartografica e del software, nonchè del mantenimento della banca dati stessa, della sua integrazione progressiva con gli altri elementi costitutivi del Sistema Informativo Stradale (S.I.S.).

banca dati gestita mediante il gestore informatico regionale; l'operazione complessa e rilevante è stata condivisa e concordata con le Polizie Locali della regione, in collaborazione con il Servizio affari istituzionali e locali, polizia locale e sicurezza. L'obiettivo è avere una maggiore omogeneità dei report di rilevazione secondo, e ottenere uno standard condiviso in termini di completezza e qualità delle informazioni correlate.

# BANCA DATI



## LA BANCA DATI

Con la legge regionale 25 ottobre 2004, n. 25, è stato istituito il Centro Regionale di Monitoraggio della Sicurezza Stradale (CRMSS FVG) che ha l'obiettivo di mettere a sistema tutte le informazioni relative agli incidenti stradali rilevati dalle forze dell'ordine operanti sul territorio regionale, fornendo a queste ultime gli strumenti necessari alla completa informatizzazione e georeferenziazione del dato per la successiva trasmissione all'ISTAT. Lo strumento scelto per la gestione del CRMSS

FVG è il software MITRIS, sviluppato dal ITC-irst (Centro di Ricerca Scientifica e Tecnologica della Fondazione Bruno Kessler di Trento) con i fondi assegnati alla Regione FVG dal Piano Nazionale della Sicurezza Stradale. La peculiarità del CRMSS FVG - MITRIS è quella di permettere un linkage del dato sanitario che consente una più precisa valutazione delle conseguenze sanitarie degli incidenti stradali.

Tabella 2.1  
Incidenti con lesioni rilevati in FVG per organi di rilevazione. Anni 2010-2016

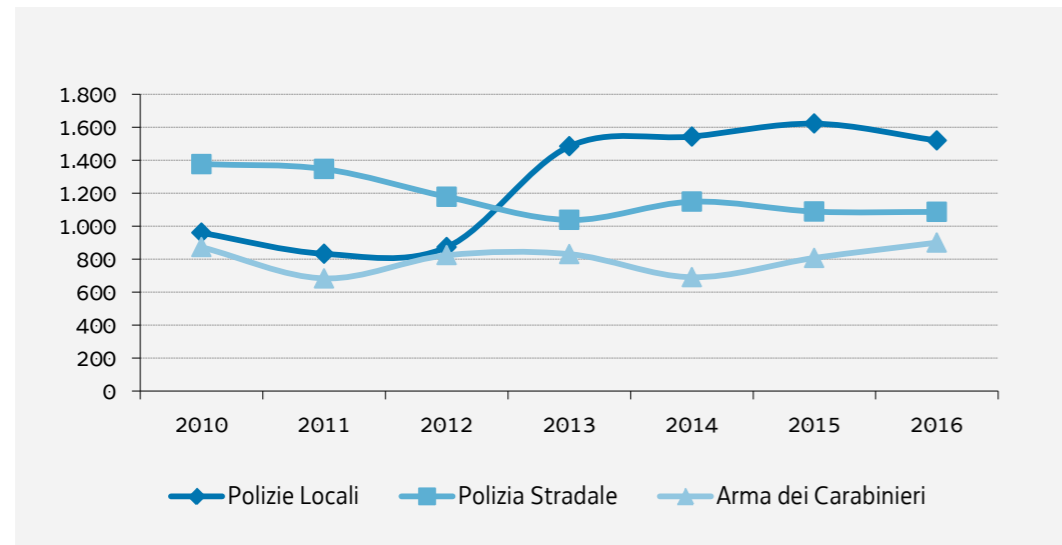
Organo rilevatore	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Polizie Locali	960	833	873	1.484	1.544	1.622	1.520
Polizia Stradale	1.377	1.347	1.179	1.038	1.149	1.089	1.087
Arma dei Carabinieri	873	684	824	831	691	808	901
Non disponibile	1		1	2	9	3	
TOTALE	3.211	2.864	2.877	3.355	3.393	3.522	3.508

Fonte: MITRIS

Il coinvolgimento delle Forze dell'Ordine nel progetto CRMSS FVG - MITRIS parte con il protocollo d'intesa del 24 gennaio 2007 tra Regione FVG e Prefettura di Trieste ed inizialmente interessa solo l'area della Provincia di Trieste per l'attivazione di alcuni progetti pilota, il protocollo verrà poi esteso negli anni successivi a tutto il territorio regionale permettendo l'attivazione di tutti gli organi di rilevazione dal 1 ottobre 2009.

Nel luglio 2008 la Regione FVG aderisce al Protocollo nazionale tra ISTAT, Ministeri dell'Interno, della Difesa, Infrastrutture e Trasporti, Regioni, U.P.I. ed A.N.C.I. per il decentramento della raccolta del dato statistico relativo agli incidenti stradali che verrà poi rinnovato periodicamente negli anni successivi. Gli organi di rilevazione operanti in caso di incidenti stradali nel FVG sono le Polizie Locali, la Polizia Stradale e l'Arma dei Carabinieri.

Figura 2.1  
Incidenti con lesioni in FVG per organo di rilevazione e anno. Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

## INCIDENTI CON FERITI

Organo rilevatore	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Polizie Locali	950	824	867	1.466	1.524	1.609	1.505
Polizia Stradale	1.321	1.299	1.136	1.000	1.096	1.056	1.056
Arma dei Carabinieri	850	664	799	805	665	784	876
Non disponibile	1		1	2	9	3	
TOTALE	3.122	2.787	2.803	3.273	3.294	3.452	3.437

Tabella 2.2  
Incidenti con feriti rilevati in FVG per organo di rilevazione. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

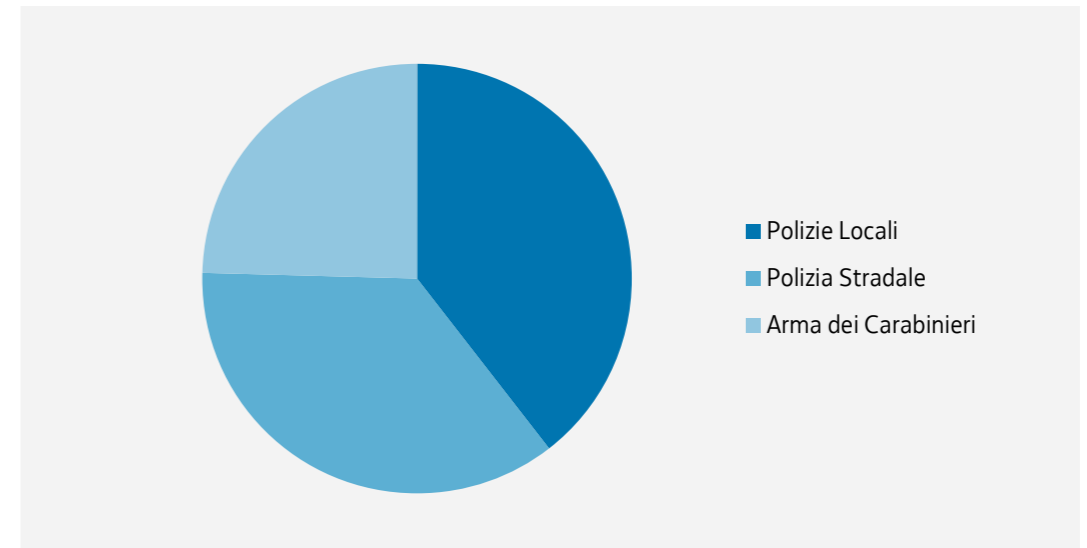


Figura 2.2  
Incidenti con feriti in FVG per organo di rilevazione. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

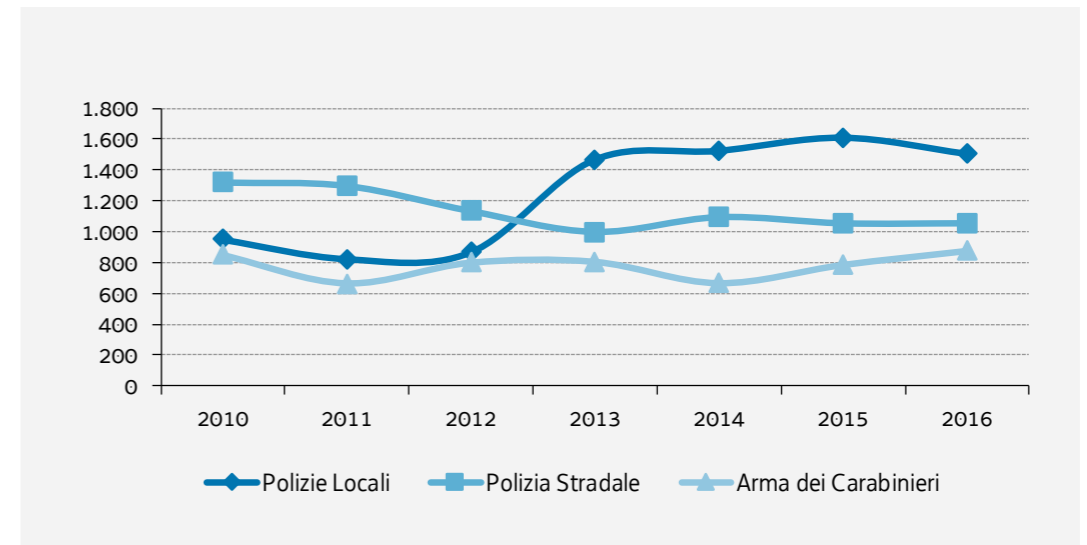


Figura 2.3  
Incidenti con feriti in FVG per organo di rilevazione e anno. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

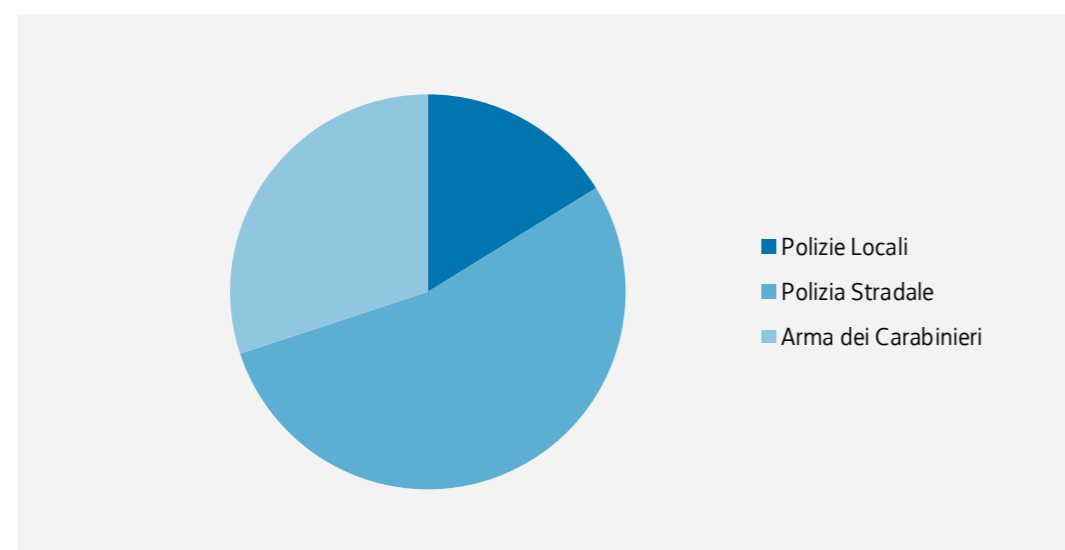
## INCIDENTI MORTALI

Tabella 2.3  
Incidenti mortali rilevati in  
FVG per organo di rilevazione.  
Anni 2010-2016

Organo rilevatore	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Polizie Locali	56	48	43	38	53	33	31
Polizia Stradale	23	20	25	26	26	24	25
Arma dei Carabinieri	10	9	6	18	20	13	15
<b>TOTALE</b>	<b>89</b>	<b>77</b>	<b>74</b>	<b>82</b>	<b>99</b>	<b>70</b>	<b>71</b>

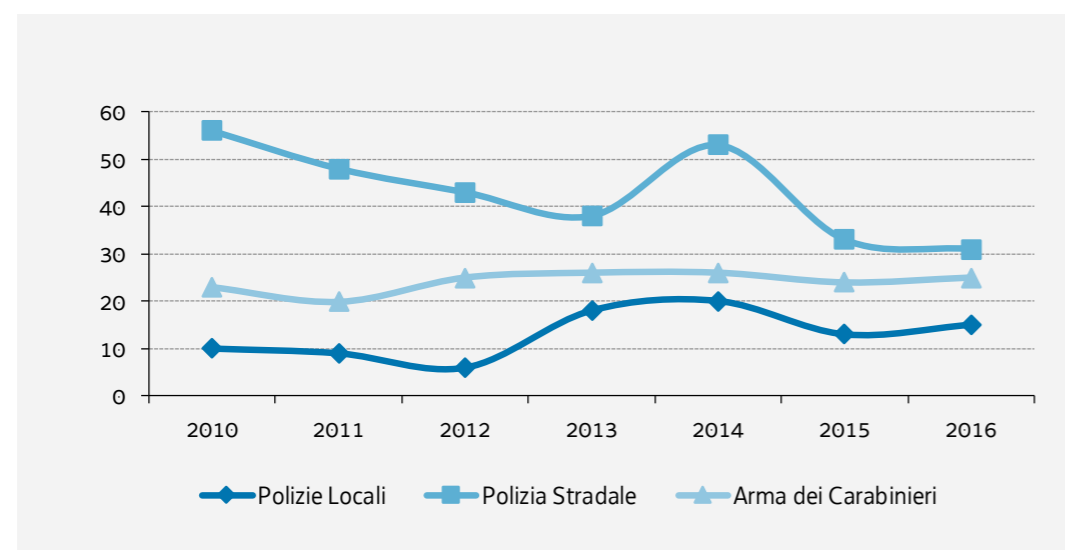
Fonte: MITRIS

Figura 2.4  
Incidenti mortali in FVG per  
organo di rilevazione.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Figura 2.5  
Incidenti mortali in FVG per  
organo di rilevazione e anno.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

## POLIZIE LOCALI

A tutti i Comandi di Polizia Locale che dal 2000 al 2009 avessero rilevato e trasmesso all'ISTAT almeno un incidente con lesioni, è stata fornita l'abilitazione al Client Mitris. L'obiettivo era fornire uno strumento per informatizzare e georiferire il dato anche ai Comuni che non avessero la disponibilità finanziaria per acquistare un gestionale commerciale, infatti il Client Mitris permette l'informatizzazione dei dati degli incidenti stradali, compresa la georeferenziazione su cartografia regionale, la produzione di semplice reportistica e la predisposizione delle principali comunicazioni previste dalla legge.

Il flusso dati trasmesso delle Polizie Locali al CRMSS FVG è costituito da due componenti, la prima sono i dati delle Polizie Locali dei Comuni di Udine e Trieste, la seconda i dati trasmessi dagli altri Comandi tramite il Client Mitris.

Tale disomogeneità si è venuta a creare, nel caso del Comune di Udine per il passaggio dal Client Mitris utilizzato dal 2009 al 2012 ad un applicativo commerciale, la variazione del flusso dei dati non ha tuttavia comportato perdite di dati sul periodo di riferimento. La Polizia Locale di Trieste invece pur disponendo di un software dedicato, ha aderito al CRMSS FVG solo dal 2015 ed al momento non sono disponibili dati riferiti alle annualità precedenti al 2013.

La differenza principale tra le due componenti del flusso è che i dati dei Comuni di Udine e Trieste vengono forniti sotto forma di tracciato ISTAT, quindi in forma parziale, e necessitano di un apposito importer per essere inseriti nella base dati del CRMSS FVG, mentre i dati provenienti dal Client Mitris vengono trasmessi in forma completa direttamente nella banca dati regionale. Dal 2010 al 2016 il Client Mitris è stato utilizzato per il rilievo degli incidenti da circa 60 Comandi di Polizia Locale (il numero è variabile a causa degli accorpamenti tra servizi che si sono avuti negli anni).

Per quanto riguarda la georeferenziazione, per gli incidenti trasmessi via client, l'operatore ha a disposizione la piattaforma MITRIS nella quale sono disponibili molteplici strumenti di posizionamento che vanno dalla cartografia regionale ai grafici delle principali strade extraurbane periodicamente aggiornati, nel caso dei Comuni di Udine e Trieste l'operatore si affida agli strumenti messi a disposizione dai gestionali in dotazione.

Dal CRMSS FVG - MITRIS viene poi eseguito uno scarico dati periodico verso l'ISTAT.

L'ambito di intervento delle Polizie Locali è in prevalenza quello urbano e nel periodo 2010-2016 hanno rilevato il maggior numero di incidenti con lesioni sul territorio regionale con una percentuale pari al 38,9% del totale.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Numero incidenti totali	960	833	873	1.484	1.544	1.622	1.452
Incidenti non georiferiti	13	7	3	6	10	97	202
Incidenti georiferiti (%)	98,65%	99,16%	99,66%	99,60%	99,35%	94,02%	86,09%

Tabella 2.4  
Georeferenziazione incidenti  
rilevati dalle Polizie Locali.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

Esito	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Con feriti	950	824	867	1.466	1.524	1.609	1.505
Mortale	10	9	6	18	20	13	15
<b>TOTALE</b>	<b>960</b>	<b>833</b>	<b>873</b>	<b>1.484</b>	<b>1.544</b>	<b>1.622</b>	<b>1.520</b>

Tabella 2.5  
Esito incidenti rilevati dalle  
Polizie Locali.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

Osservando le serie storiche si notano alcune discontinuità nel numero complessivo di incidenti rilevati, in particolare si nota un consistente aumento del numero di incidenti a partire dal 2013, tale incremento è dovuto all'adesione al CRMSS-MITRIS delle Polizie locali di Trieste e Monfalcone che fino

al quel momento effettuavano autonomamente l'invio dei dati all'ISTAT.

Si evidenzia anche un calo della percentuale di incidenti georiferiti per gli anni 2015 e 2016, per lo più attribuibile ai Comuni di Udine e di Lignano Sabbiadoro.

## POLIZIA STRADALE

La Polizia Stradale ha in dotazione un apposito software (PS2000) per la gestione e la raccolta centralizzata a livello nazionale degli incidenti stradali e per l'invio dei relativi dati all'ISTAT. Nel 2011, in attuazione del protocollo d'intesa del 24 gennaio 2007, è stato possibile effettuare uno scarico relativo al quinquennio 2006-2010 che è stato inserito nella base dati del CRMSS FVG - MITRIS, inoltre a partire dal 1 gennaio 2011 è stata concordata una procedura che consente tutt'ora agli operatori della Polizia stradale di ricavare le coordinate geografiche degli incidenti dalle basi cartografiche del CRMSS FVG - MITRIS per

poi inserirle nel set di dati del proprio gestionale e procedere all'invio alla centrale operativa di Settebagni (RM). In seguito ad una post elaborazione presso la centrale operativa i dati georiferiti vengono ritrasmessi contemporaneamente all'ISTAT e al CRMSS FVG - MITRIS nel medesimo formato previsto per il Client Mitris.

Gli ambiti di intervento della Polizia Stradale nel FVG sono principalmente quello autostradale e quello extraurbano.

Nel periodo 2010-2016 la Polizia Stradale ha rilevato il 36,4% del totale degli incidenti con lesioni occorsi nel territorio della Regione FVG.

Tabella 2.6  
Georeferenziazione incidenti rilevati dalla Polizia Stradale. Anni 2010-2016

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Numero incidenti totali	1.377	1.347	1.179	1.038	1.149	1.089	1.087
Incidenti non georiferiti	67	52	32	94	73	116	258
Incidenti georiferiti (%)	95,13%	96,14%	97,29%	90,94%	93,65%	89,35%	76,26%

Fonte: MITRIS

Tabella 2.7  
Esito incidenti rilevati dalla Polizia Stradale. Anni 2010-2016

Esito	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Con feriti	1.321	1.299	1.136	1.000	1.096	1.056	1.056
Mortale	56	48	43	38	53	33	31
TOTALE	1.377	1.347	1.179	1.038	1.149	1.089	1.087

Fonte: MITRIS

Si rileva un calo della percentuale di incidenti georiferiti nel 2015 e nel 2016 dovuto ad un problema tecnico/operativo legato ad un aggiornamento del

software PS2000 in dotazione alla Polizia Stradale che ha influito sul corretto import dei dati relativi alle coordinate geografiche.

## ARMA DEI CARABINIERI

Prima dell'istituzione del CRMSS FVG - MITRIS, i Carabinieri del FVG, analogamente alla maggior parte dei Comandi delle Polizie Locali, procedevano al rilievo e alla trasmissione all'ISTAT dei dati relativi all'incidentalità stradale tramite l'utilizzo di modelli cartacei. Dal 1 ottobre 2009 anche tutte le Stazioni e i Comandi dei Carabinieri del FVG sono stati abilitati al Client Mitris per l'informatizzazione e georeferenziazione dei dati d'incidentalità da trasmettere al CRMSS FVG - MITRIS. Dal 1 marzo 2012 i Carabinieri sono passati ad un sistema centralizzato analogo a quello della Polizia Stradale

adottato nel frattempo a livello nazionale. Il flusso dati attuale prevede l'invio all'ISTAT direttamente da parte del Comando centrale dell'Arma dei Carabinieri dei tracciati comprensivi di coordinate geografiche prodotti dal proprio gestionale, che vengono contestualmente messi a disposizione del CRMSS FVG - MITRIS e importati nella base dati regionale con un importer simile a quello utilizzato per i dati della Polizia Locale di Udine. Nel periodo 2010-2016 l'Arma dei Carabinieri ha rilevato il 24,7% del totale degli incidenti con lesioni occorsi nel territorio della Regione FVG.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Numero incidenti totali	873	684	824	831	691	808	901
Incidenti non georiferiti	55	38	74	28	23	39	159
Incidenti georiferiti (%)	93,70%	94,44%	91,02%	96,63%	96,67%	95,17%	82,35%

Tabella 2.8  
Georeferenziazione incidenti rilevati dall'Arma dei Carabinieri. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

Esito	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Con feriti	850	664	799	805	665	784	876
Mortale	23	20	25	26	26	24	25
TOTALE	873	684	824	831	691	808	901

Tabella 2.9  
Esito incidenti rilevati dall'Arma dei Carabinieri. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

Anche per quanto riguarda gli incidenti rilevati dai Carabinieri si evidenzia, limitatamente al 2016, un calo della percentuale di incidenti georiferiti,

tuttavia per le modalità di trasmissione dei dati descritte al paragrafo precedente non è stato ancora possibile valutarne le cause.

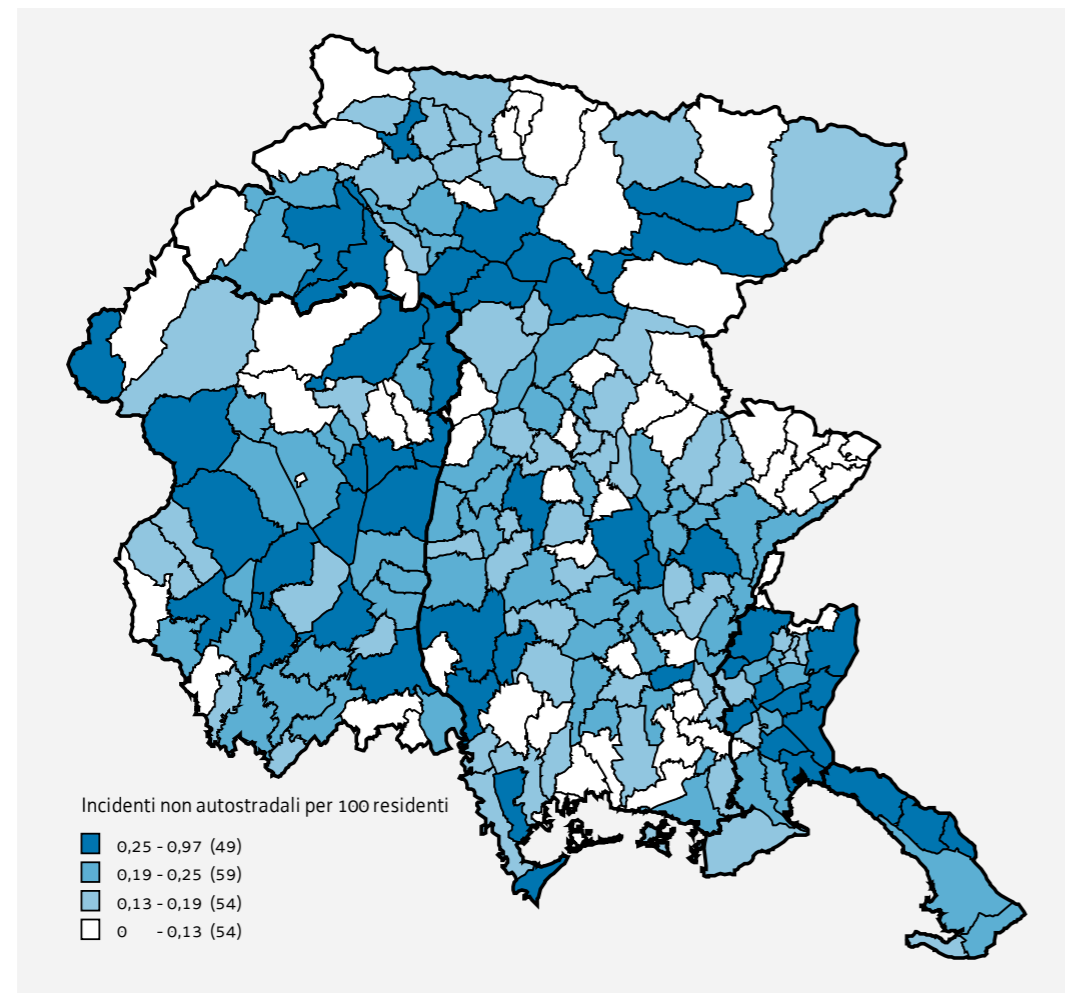
# GLI INCIDENTI IN REGIONE

## DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO

Il comune con più incidenti non autostradali nel settennio 2010-2016, sia relativamente alla popolazione che al parco veicolare è Barcis, con 1,05 incidenti ogni 100 vetture circolanti nel comune e 0,96 incidenti ogni 100 residenti. Segue Lignano Sabbiadoro, che a causa del massiccio afflusso turistico nel 2010-2016 ha registrato 0,86 incidenti ogni 100 vetture circolanti nel comune, ovvero 0,79 incidenti ogni 100 residenti. Al terzo posto Doberdò del Lago, con 0,76 incidenti ogni 100 residenti e 0,89 incidenti ogni 100 veicoli circolanti. Tra le città con più di 20.000 abitanti, Pordenone

e Udine presentano livelli di incidentalità simili (rispettivamente 0,51 e 0,58 incidenti ogni 100 vetture circolanti, 0,45-0,47 incidenti ogni 100 residenti), mentre Monfalcone e Gorizia presentano livelli di incidentalità minori (Monfalcone 0,49 incidenti ogni 100 vetture circolanti, 0,35 incidenti ogni 100 residenti, Gorizia 0,36 e 0,30). Trieste presenta livelli di incidentalità sottostimati (0,31 incidenti ogni 100 veicoli e 0,25 incidenti ogni 100 residenti) per i motivi espressi nel capitolo precedente.

Figura 3.1  
Incidenti non autostradali per 100 residenti per comune del FVG. Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Il comune con più incidenti verificatisi nel biennio 2015-16 in autostrada è il comune di Duino-Aurisina, con 16 incidenti nel 2016 (27 feriti) e 19 nel 2015 (1 morto, 40 feriti). Altri comuni con più di 10 incidenti autostradali nel biennio 2015-2016 sono Trieste (21, 28 feriti e 1 morto complessivi),

Gonars (16 per complessivi 1 morto e 37 feriti), Castions di Strada (14, complessivamente 1 morto e 28 feriti), Porpetto (14 incidenti, 1 morto e 29 feriti), Muzzana del Turgnano (11 incidenti, 23 feriti) e Porcia (11 incidenti, 21 feriti).

## EVOLUZIONE TEMPORALE

Tra il 2010 e il 2016 l'incidentalità stradale sulle strade regionali è leggermente aumentata, passando da 3.211 incidenti a 3.507, un aumento complessivo del 9,0%. A una relativa stabilità del tasso di lesività (numero di feriti per 100 incidenti), stabile attorno a 135, si accompagna una signifi-

ficativa riduzione del tasso di mortalità (numero di morti per 100 incidenti), passato da 3,3 morti ogni 100 incidenti nel 2010 a 2,1 nel 2016. In termini assoluti, i morti per incidenti stradali sono diminuiti da 95 nel 2010 a 73 nel 2016 (-23,1%).

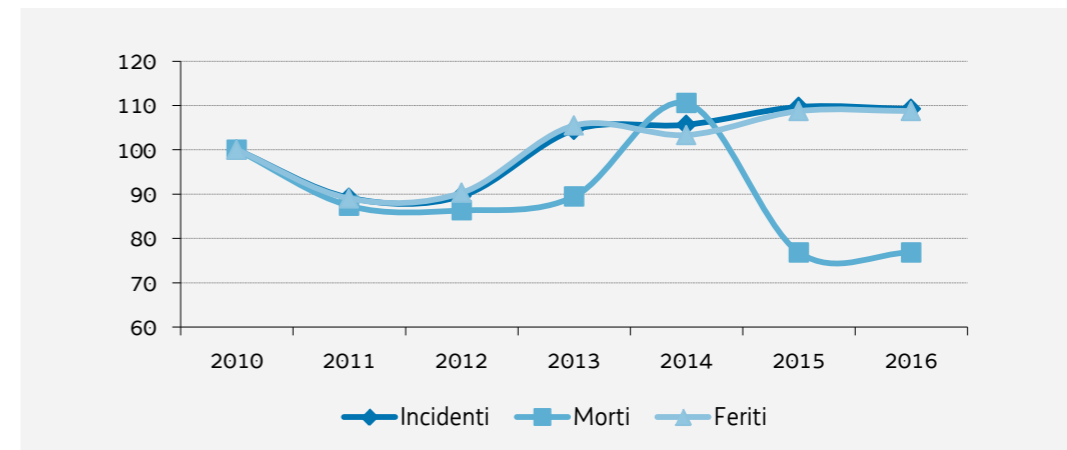


Figura 3.2  
Incidenti, relativi morti e feriti sulle strade del FVG. Anni 2010-2016 (numeri indici base 2010=100)

Fonte: MITRIS

Le varie tipologie di incidenti mostrano andamenti differenziati nel settennio considerato. L'aumento è riconducibile sostanzialmente agli scontri tra veicoli e agli investimenti di pedoni, mentre gli incidenti a veicoli isolati (principalmente fuoriuscite,

tipicamente sbandamenti) mostrano un andamento altalenante senza un trend definito. La mortalità, pur mostrando notevole variabilità da un anno all'altro, tende a ridursi per tutte le tre categorie.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Incidenti	3.211	2.864	2.877	3.355	3.393	3.522	3.507
Morti	95	83	82	85	105	73	73
Feriti	4.321	3.847	3.902	4.558	4.465	4.699	4.699
Incidenti a veicoli isolati	805	704	704	709	762	778	833
Scontri tra veicoli	2.155	1.945	1.916	2.254	2.225	2.342	2.300
Investimenti di pedoni	251	215	257	391	399	400	371
Investimenti di biciclette	450	433	428	428	483	429	470
Incidenti con mezzi pesanti	1.078	472	418	743	669	625	455
Fuoriuscita	617	588	544	479	531	528	499
Scontro frontale	169	164	171	398	419	488	207
Scontro frontale - laterale	1.030	994	951	903	847	893	1.058

Tabella 3.1  
Incidenti per tipologia, morti e feriti sulle strade del FVG. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

L'aumento dell'incidentalità va considerato in un contesto in cui il parco veicolare è aumentato nonostante la crisi del settore auto. Il parco veicolare del FVG ammontava infatti al 31.12.2016 a 1.028.479 veicoli, di cui 781.824 autovetture e 140.548 motocicli e quadricicli speciali: a titolo di

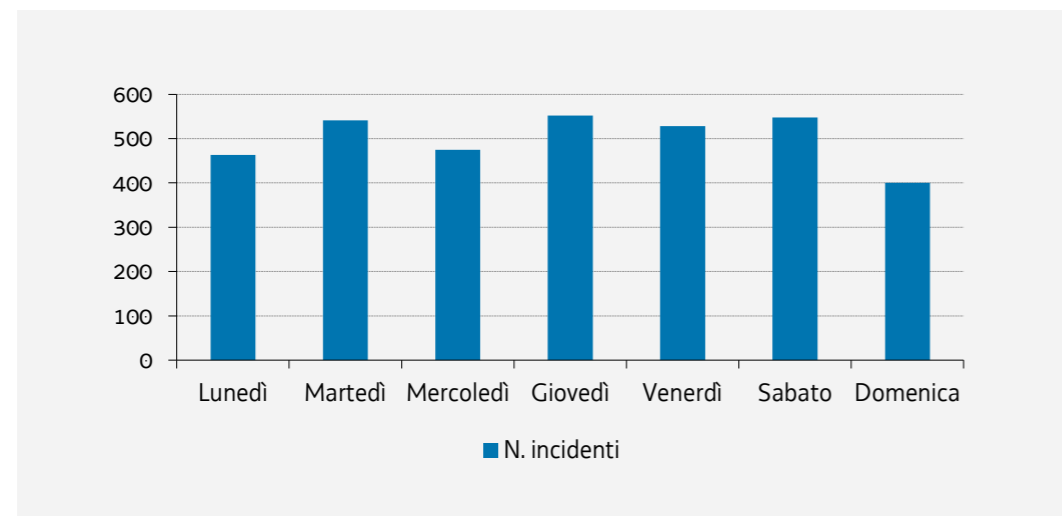
paragone, al 31.12.2010 il parco veicolare del FVG era composto da 999.283 veicoli, di cui 763.144 autovetture e 129.874 motocicli e quadricicli speciali. Di conseguenza, il numero di incidenti per 1.000 vetture circolanti è aumentato da 3,21 a 3,40.

## QUANDO AVVENGONO

Le ore del giorno con la maggior frequenza di incidenti sono quelle del tardo pomeriggio (16-19) e della tarda mattinata (10-13). Le ore più pericolose nel 2016 sono state tra le 17 e le 19: tra le 17 e le 18 si è infatti verificato il maggior numero di incidenti (275), con 361 feriti e 1 morto, mentre tra le 18 e le 19 si è registrato il secondo numero di incidenti (267), il maggior numero di

feriti (384) e di morti (9). Gli incidenti notturni, verificatisi tra le 22.00 e le 06.59, sono stati 400, l'11,4% del totale. Tali incidenti sono tuttavia caratterizzati da una maggior lesività e mortalità, con 145,0 feriti ogni 100 incidenti di notte contro i 132,6 degli incidenti diurni e 3,2 morti ogni 100 incidenti notturni contro 1,9 per gli incidenti verificatisi di giorno.

Figura 3.3  
Numero di incidenti sulle strade del FVG per giorno della settimana. Anno 2016



Fonte: MITRIS

La giornata meno pericolosa è stata la domenica (400 incidenti, 611 feriti e 6 morti), giorno in cui il traffico è generalmente minore, salvo sulle direttrici turistiche, mentre il giorno più pericoloso è stato il sabato (548 incidenti, meno dei 552 dei giovedì, ma 755 feriti e 15 morti). Gli incidenti

nel weekend (sabato e domenica) rappresentano il 27,0% del totale degli incidenti del 2016 e si caratterizzano da una maggiore lesività (144,1 feriti su 100 incidenti contro 130,2 per i giorni feriali) e da una mortalità leggermente maggiore (2,2 morti ogni 100 incidenti contro 2,0 nei giorni feriali).

Tabella 3.2  
Incidenti, morti, feriti, tassi di lesività e mortalità in FVG per tipo di giorno della settimana, diurni o notturni. Anno 2016

		Incidenti	Feriti	Morti	Lesività	Mortalità
Weekend	Giorno	786	1.109	19	141,1	2,4
	Notte	162	257	2	158,6	1,2
Non weekend	Giorno	2.321	3.010	41	129,7	1,8
	Notte	238	323	11	135,7	4,6

Fonte: MITRIS

La stagionalità degli incidenti non è molto pronunciata, si nota tuttavia un numero di incidenti maggiore in primavera e in estate. Il numero di incidenti per mese nel 2016 è oscillato tra i 233 di febbraio e i 354 di luglio: oltre i 300 incidenti

mensili anche aprile, maggio, giugno, agosto e ottobre. Non si evidenziano, invece, significative variazioni in termini di mortalità e lesività tra mese e mese che siano anche stabili tra anni diversi.

## CHI VIENE COINVOLTO

I morti o feriti in incidenti stradali nel 2016 erano prevalentemente uomini (60,8%), più numerosi delle donne per tutte le fasce d'età esaminate. La fascia d'età maggiormente coinvolta negli incidenti

è quella tra i 40 e i 49 anni, con 810 feriti e 11 morti, seguita dalle fasce d'età 20-29 (795 feriti, 10 morti) e 50-59 (695 feriti, 14 morti).

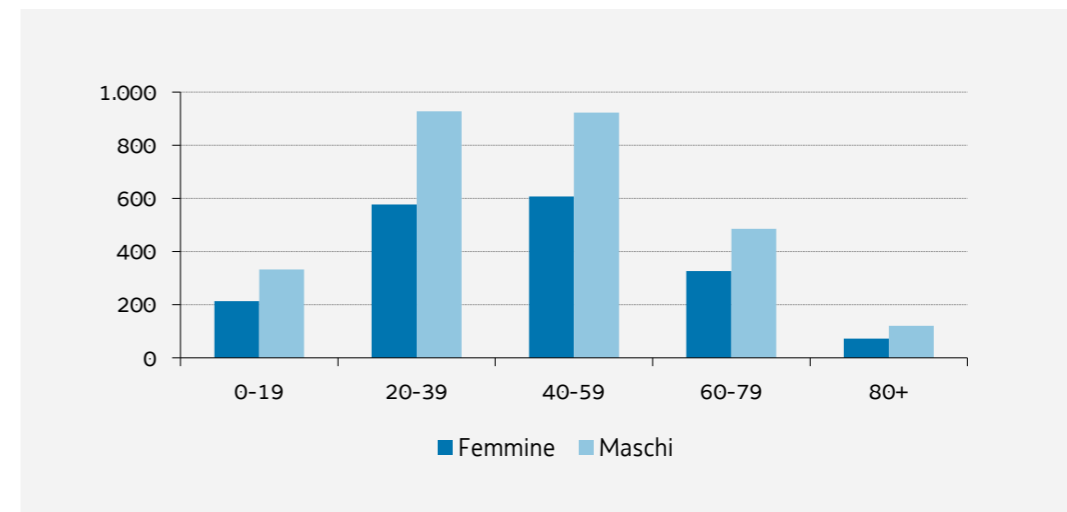


Figura 3.4  
Lesionati (morts e feriti) in incidenti sulle strade del FVG per sesso e classe d'età. Anno 2016

Fonte: MITRIS

Dei 4.699 feriti in incidenti stradali nel 2016, 3.314 (70,5%) conducevano il proprio veicolo, 976 (20,8%) erano trasportati a bordo dello stesso veicolo, 409 (8,7%) erano pedoni. A dimostrazione della maggior fragilità dei pedoni, dei 73 morti nel 2016, 48 erano conducenti (65,7%), 15 erano pedoni (20,5%) e 10 erano trasportati a bordo dei veicoli coinvolti (13,7%). Tra i conducenti, gli uomini lesionati (69,1% dei conducenti) sono il doppio delle donne (30,9%), mentre il rapporto

tra i sessi si inverte se si considerano i passeggeri (59,9% donne, 40,1% uomini) e i pedoni (55,4% donne, 44,6% uomini). La distribuzione per età dei lesionati in base al ruolo evidenzia come i conducenti si concentrino nelle età centrali (18-59), come nelle età giovani (0-17) siano prevalenti i passeggeri, mentre la distribuzione per età dei pedoni è comparativamente più anziana sia di quella dei conducenti che dei passeggeri.

Classe d'età	0-17	18-39	40-59	60-79	80+	Dato mancante
Conducente	87	1.237	1.196	567	118	157
Passeggero	246	332	232	126	24	26
Pedone	64	84	102	120	54	0

Tabella 3.3  
Lesionati in FVG per classe d'età e ruolo. Anno 2016

Fonte: MITRIS

I veicoli più spesso coinvolti in un incidente stradale sono le autovetture private, che rappresentano il 68,9% dei veicoli coinvolti in incidenti in FVG nel 2016 (4.656 veicoli complessivi). Tra i mezzi leggeri seguono i motocicli, da soli o con passeggero (11,7%, 793 veicoli), le biciclette (7,2%, 489 veicoli) e i ciclomotori (2,6%, 175 veicoli). I mezzi

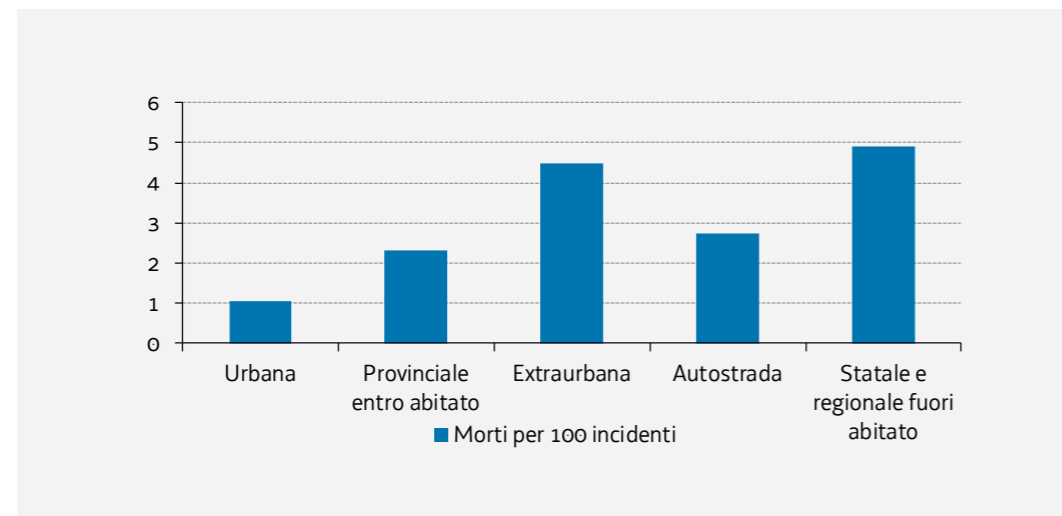
pesanti, che rappresentano il 7,3% dei veicoli coinvolti, hanno una prevalenza di camion (410 veicoli). Più sicuri gli autobus, con 49 veicoli coinvolti in incidenti. Sono state coinvolte in incidenti nel 2016 12 autovetture di soccorso o di polizia e 10 macchine agricole, ad esempio trattori.

## DOVE AVVENGONO

Dei 3.507 incidenti del 2016, più di metà (2.002) sono accaduti su strade urbane, con ulteriori 482 incidenti accaduti su strade statali, regionali o provinciali entro l'abitato. Gli incidenti su strade extraurbane sono stati 961, di cui 146 in autostrada. La mortalità su strade extraurbane è pari a oltre quattro volte quella sulle strade urbane. Tra le

strade extraurbane, le più mortali sono state le comunali extraurbane (5 morti ogni 100 incidenti), seguite dalle strade provinciali fuori dall'abitato (4,9) e dalle statali e regionali (4,9). In autostrada si sono registrati 2,7 morti ogni 100 incidenti (ma ben 184,2 feriti ogni 100 incidenti, il massimo tra tutte le categorie di strada).

Figura 3.5  
Tasso di mortalità (morti per 100 incidenti) per tipo di strada, urbana, extraurbana e specifiche categorie.  
Anno 2016



Fonte: MITRIS

Il 42,7% degli incidenti del 2016 è avvenuto presso intersezioni, principalmente incroci (396 incidenti) e rotonde (355 incidenti). Del 57,1%

di incidenti accaduto lontano da intersezioni, in 1.110 casi l'incidente si è verificato su un rettilineo, in 258 casi in curva.

Tabella 3.4  
Incidenti, morti e feriti in FVG per condizioni meteorologiche al momento dell'incidente.  
Anno 2016

	Sereno	Sole radente	Pioggia	Nebbia	Neve	Vento forte	Grandine	Altro	Non specificato
Incidenti	2500	244	414	21	4	8	1	245	70
Morti	51	7	10	0	0	0	0	1	4
Feriti	3329	347	598	29	4	11	1	301	79

Fonte: MITRIS

La grande maggioranza degli incidenti si verifica con cielo sereno (71,3% nel 2016) o fondo stradale asciutto (77,5%), con la combinazione dei due fattori verificatisi in 2.337 incidenti, il 66,6% del totale. Pur essendo meno numerosi, gli incidenti verificatisi sotto la pioggia coinvolgono un maggior

numero di persone, con 1,47 persone lesionate in media per incidente contro le 1,35 in condizioni di tempo sereno. Al secondo posto tra le condizioni atmosferiche legate a maggiore lesività il sole radente, con 1,45 lesionati per incidente.

## LA DINAMICA

L'incidente che ha coinvolto più veicoli nel 2016 è stato un maxitamponamento con 10 veicoli coinvolti e 2 feriti complessivi. Su complessivi 564 tamponamenti nel 2016, 165 hanno coinvolto almeno 3 veicoli, la tipologia più comune tra gli incidenti con almeno 3 veicoli coinvolti e la seconda più comune, con 395 casi, tra quelli che ne hanno coinvolto due, dietro allo scontro frontale-laterale (982 casi). Al terzo posto tra gli incidenti che coinvolgono due veicoli troviamo gli

scontri laterali (304). Gli incidenti a veicoli isolati, complessivamente 962, vedono invece una prevalenza di sbandamenti e fuoriuscite (497), seguono gli infortuni per caduta da veicolo (150) e gli urti con ostacolo (144). Gli investimenti di pedoni sono stati 374. La tipologia di incidente più pericolosa è lo scontro frontale, sia in termini di lesività (172,9 feriti per 100 incidenti) che di mortalità (4,8 morti per 100 incidenti), seguito, in termini di mortalità, dagli investimenti di pedoni (4,0).

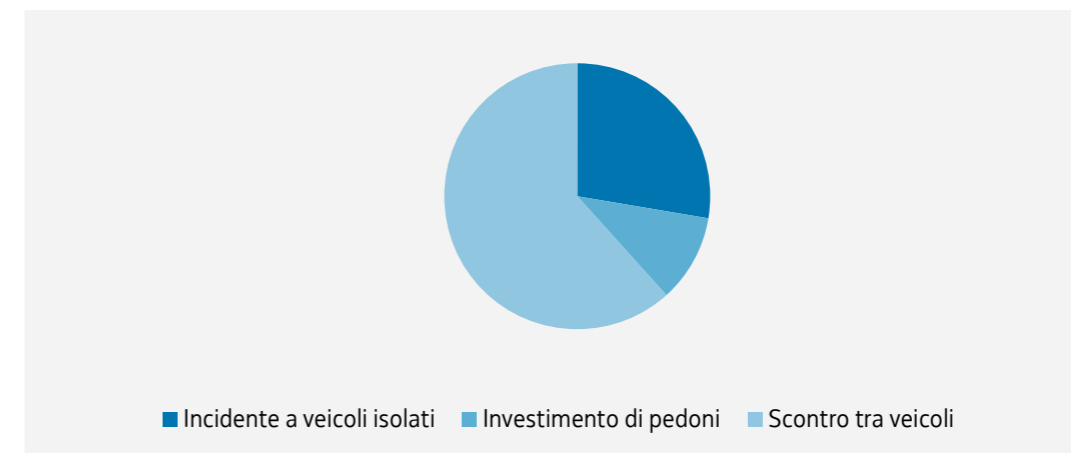


Figura 3.6  
Incidenti in FVG per tipologia di scontro. Anno 2016

Nota: gli incidenti tra veicoli isolati comprendono le fuoriuscite (es. sbandamenti), gli infortuni per caduta da veicolo o frenata improvvisa, gli urti con ostacolo e gli urti con veicolo in sosta, in fermata o in arresto.

Fonte: MITRIS

Complessivamente, gli incidenti che hanno coinvolto 4 veicoli o più sono stati 77, con 1 morto e 157 feriti. La lesività (feriti per 100 incidenti) tende, prevedibilmente, ad aumentare all'aumentare dei veicoli coinvolti, con 112,5 feriti ogni 100 incidenti

con 1 veicolo coinvolto nel 2016, valore che sale progressivamente a 138,0 con 2 veicoli coinvolti, a 167,2 quando i veicoli coinvolti sono 3 e a 203,9 con 4 o più veicoli coinvolti.

	Fuoriuscita	Investimento di pedoni	Scontro frontale	Scontro frontale-laterale	Scontro laterale	Tamponamento	Urti e cadute varie
Incidenti	499	374	207	1.058	334	564	471
Morti	19	15	10	18	1	2	8
Feriti	607	408	358	1.488	414	895	529
Tasso di lesività	121,6	109,1	172,9	140,6	124,0	158,7	112,3
Tasso di mortalità	3,8	4,0	4,8	1,7	0,3	0,4	1,7

Tabella 3.5  
Incidenti, morti, feriti, tassi di lesività e mortalità in FVG per tipologia di scontro.  
Anno 2016

Fonte: MITRIS

In relazione al momento dell'incidente, le fuoriuscite sono più comuni di notte e nel weekend rispetto alla media: nel weekend si verifica infatti il 39,1% delle fuoriuscite contro una media del 27,0% per tutte le tipologie di incidenti, mentre le fuoriuscite verificatesi di notte sono il 26,6% del totale contro una media dell'11,4%. Tra gli

incidenti più comuni nel weekend e di notte rientrano anche gli urti con ostacolo (33,8% nel weekend, 20,7% di notte), mentre tra gli incidenti spiccatamente diurni rientrano gli investimenti di pedoni (solo il 5,3% di notte), gli scontri laterali (5,1%) e i tamponamenti (6,0%).

# I DATI SANITARI



## I DATI SANITARI

### IL COLLEGAMENTO TRA DATI DI INCIDENTE E DATI SANITARI

Tra le informazioni raccolte dalle forze dell'ordine relativamente agli incidenti verbalizzati, vi sono anche le conseguenze sulle persone coinvolte. Tra gli incidenti con danni alle persone, oltre che alle cose, le forze dell'ordine registrano se ciascuno dei soggetti coinvolti sia stato ferito o meno e, per i feriti, seguono lo stato in vita fino a 30 giorni per accertare un eventuale decesso. I dati raccolti dalle forze dell'ordine consentono, quindi, di contare il numero di soggetti feriti in maniera non mortale e il numero dei morti (entro le prime 24 ore o entro 30 giorni) per ciascun incidente.

Per stimare in maniera più precisa l'impatto che questi incidenti stradali hanno sulla salute delle persone coinvolte, è necessario collegare ai dati dei singoli incidenti verbalizzati dalle forze dell'ordine una serie di informazioni sanitarie. In Friuli Venezia Giulia, questo collegamento è possibile grazie all'esistenza di un Sistema Informativo Sanitario Regionale (SISR) che comprende numerose basi dati amministrative con copertura totale della

Ai fini di questa analisi, sono stati considerati come associati all'evento incidente gli accessi al pronto Soccorso avvenuti entro i 2 giorni successivi all'incidente. Dopo un eventuale primo accesso, sono stati ricercati anche accessi successivi, se avvenuti entro un giorno l'uno dall'altro, fino ad un massimo di 10 accessi. Nel database del Pronto Soccorso, i soggetti risultano generalmente dimessi con una o più diagnosi che vengono codificate secondo la classificazione ICD-9-CM. I traumi e gli avvelenamenti corrispondono ai gruppi di codici ICD-9-CM da 800 a 999. E', inoltre, possibile, per gli operatori di Pronto Soccorso, registrare una diagnosi in forma di testo libero.

Relativamente ai ricoveri ospedalieri, invece, sono stati considerati come associati all'evento incidente tutti quelli che erano avvenuti entro 3 giorni dall'incidente, indipendentemente dalla diagnosi di dimissione. Sono stati, inoltre, considerati anche ricoveri più tardivi, fino a 30 giorni dall'incidente e fino ad un massimo di 5, purchè con codice di

Regione che, pur essendo completamente anonimizzate, sono collegabili tra loro a livello di singolo individuo grazie ad una chiave stocastica univoca. Di particolare interesse per la stima degli effetti sanitari degli incidenti stradali sono il database del Pronto Soccorso e quello delle schede di dimissione ospedaliera che riguarda i ricoveri in ospedale. Laddove le informazioni verbalizzate dalle forze dell'ordine lo consentano, anonimizzando i dati registrati dalle forze dell'ordine con procedura analoga a quella utilizzata per i dati amministrativi sanitari, è possibile attribuire a ciascun soggetto coinvolto nell'incidente una chiave stocastica, attraverso la quale si possono collegare a ciascun soggetto coinvolto in incidente gli eventuali accessi ai Pronto Soccorso della Regione Friuli Venezia Giulia oppure le schede di dimissione ospedaliera relative ad eventuali ricoveri.

diagnosi di dimissione principale corrispondente a trauma. Oltre alla diagnosi principale di dimissione, le schede di dimissione ospedaliera prevedono la possibilità di registrare ulteriori 5 diagnosi secondarie. Tutte le diagnosi di dimissione ospedaliera sono codificate secondo la classificazione ICD-9-CM. L'analisi delle diagnosi di Pronto Soccorso e delle diagnosi di dimissione ospedaliera principale e secondarie ha permesso di conoscere eventuali traumi riportati in conseguenza dell'incidente, con un buon livello di dettaglio (ad esempio, codice ICD-9-CM 823.20 Frattura di diafisi, chiusa, della tibia; codice 880.20 Ferita della regione della spalla, con interessamento dei tendini; codice 896.0 Amputazione traumatica del piede unilaterale, senza menzione di complicazioni; codice 948.80 Ustione coinvolgente l'80-89% della superficie corporea, ustioni di terzo grado coinvolgenti meno del 10% della superficie corporea).

I soggetti coinvolti in incidenti sono, infine, stati collegati al database delle schede di morte, per verificare se vi fossero persone che non risultassero decedute secondo i verbali delle forze dell'ordine ma che, invece, fossero morte entro 30 giorni dall'incidente con causa esterna di morte corrispondente ad incidente stradale (codici ICD-9 E810-E819 o E826-E829 o E929.0). Seguire per un periodo lungo come un mese lo stato in vita di una persona rimasta coinvolta in un incidente può essere complicato. In seguito a questo controllo, è quindi possibile individuare ulteriori soggetti deceduti nei 30 giorni dopo l'incidente, oltre a quelli già noti alle forze dell'ordine.

Il collegamento dei dati sanitari arricchisce e completa le informazioni relative alle conseguenze dell'incidente sulle persone coinvolte. Va detto, però, che il collegamento delle informazioni sanitarie non va a buon fine in tutti i casi in quanto non è sempre possibile alimentare l'algoritmo di anonimizzazione del dato e di assegnazione della chiave stocastica per i soggetti coinvolti in

incidente se i loro dati anagrafici non sono trascritti con sufficiente precisione da parte delle forze dell'ordine. Questa eventualità è particolarmente probabile in caso di soggetti stranieri o con nomi complicati o di situazioni di urgenza, gravità e concitazione in cui la priorità deve essere data all'assistenza delle persone coinvolte, a scapito della perfetta registrazione dei dati. Negli anni, inoltre, la modifica degli applicativi utilizzati da alcune forze dell'ordine per la registrazione dei dati sugli incidenti ha portato alla perdita di informazioni anagrafiche utili per l'assegnazione della chiave stocastica, con conseguente riduzione del numero di collegamenti che vanno a buon fine, nonostante l'implementazione di collegamenti cosiddetti »fuzzy« (imperfetti) e l'introduzione un processo di linkage probabilistico tra i soggetti infortunati senza dati anagrafici completi e gli accessi al Pronto Soccorso per incidente sulla base della coincidenza tra momento dell'incidente e dell'accesso al Pronto e sulla base dell'età dei soggetti coinvolti.

### LA STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO

Le conseguenze sanitarie degli incidenti sono quantificate attraverso i Disability Adjusted Life Years (DALY) che racchiudono in un'unica misura tutti gli anni di vita sana che sono perduti a causa degli incidenti, o per una morte prematura rispetto alla speranza di vita teorica della persona coinvolta, o per la comparsa di disabilità, permanente o temporanea.

I DALY si ottengono sommando gli anni di vita persi per morte, indicati come YLL (Years of Life Lost) e gli anni di vita sana persi a causa di una disabilità (YLD, Years Lost because of a Disability). Gli YLL vengono calcolati a partire dall'età del soggetto deceduto e dalla speranza di vita teorica che il soggetto aveva in quel momento. Gli YLD vengono calcolati partendo dal tipo di lesione riportata nell'incidente (nella analisi presentata in

questo volume, la più grave tra tutte le diagnosi registrate in Pronto Soccorso o nel ricovero), dalla durata stimata della disabilità che ne consegue e dall'entità della disabilità che viene espressa attraverso un peso chiamato Disability Weight. Per la stima dei DALY conseguenti ad incidenti stradali in Friuli Venezia Giulia dal 2010 al 2016, sono adottati i Disability Weights del Global Burden of Disease Study 2010, le durate di disabilità suggerite da Begg e Tomijima nel documento "Global burden of injury in the year 2000: an overview of methods" e la speranza di vita della popolazione del Friuli Venezia Giulia nel 2013 (anno mediano tra quelli analizzati) secondo Istat. Si sottolinea l'importanza dell'informazione sull'età al momento dell'incidente, elemento indispensabile per il calcolo dei DALY.

## INFORTUNI NON MORTALI

Secondo le diagnosi di Pronto Soccorso o di dimissione ospedaliera circa un quinto degli infortunati ha riportato traumi muscolo-tendinei e un ulteriore 16% contusioni o lesioni superficiali, non particolarmente gravi. Tuttavia, il 10% dei soggetti ha

subito trauma cerebrale grave, il 14% ha riportato fratture e vi sono stati traumi toracici gravi e lesioni permanenti quali lesioni spinali e amputazioni di arti o parti di essi.

Tabella 4.1  
Lesioni riportate negli  
infortuni non mortali. Anni  
2010-2016

Lesione	Numero	%
Traumi muscolo-tendinei (incluse distorsioni e lussazioni)	6.153	22,3%
Contusioni e lesioni superficiali	4.415	16,0%
Trauma cerebrale grave di breve durata	2.667	9,7%
Trauma toracico grave	412	1,5%
Ferite aperte	893	3,2%
Frattura dello sterno o di 1 o 2 coste	780	2,8%
Frattura di tibia, perone o rotula	615	2,2%
Frattura di clavicola, scapola o omero	461	1,7%
Frattura vertebrale	364	1,3%
Frattura del collo del femore	326	1,2%
Frattura di ossa facciali	264	1,0%
Frattura della mano	233	0,8%
Frattura di bacino	176	0,6%
Frattura di caviglia	175	0,6%
Frattura di ossa del piede	153	0,6%
Frattura cranica	78	0,3%
Altre fratture	175	0,6%
Amputazioni di arti o parte di essi	13	0,0%
Schiacciamento	26	0,1%
Lesioni spinali	39	0,1%
Lesione di nervi	12	0,0%
Ustione od avvelenamento	28	0,1%
Altro trauma	3.269	11,8%
Altra diagnosi non traumatica	3.540	12,8%
Nessuna diagnosi	2.354	8,5%

Fonte: SISR

La distribuzione delle lesioni osservata tra gli infortunati che sono sopravvissuti all'incidente si è rivelata diversa in relazione alla tipologia di utente della strada e dell'eventuale mezzo di trasporto a bordo del quale la persona si trovava.

Tra i pedoni, ad esempio, si registra una frequenza tripla di fratture di tibia, perone o rotula (7,0%), una frequenza doppia di fratture di caviglia (1,5%), di clavicola, scapola o omero (3,6%), del collo del femore (2,2%) e un aumento del 50% dei traumi cerebrali gravi (14,4%), mentre hanno subito meno fratture di sterno e coste (1,4%) e lesioni muscolo-tendinee (6,8%). Han e colleghi (Traffic Injury Prevention 2012; 13: 507-18) hanno dimostrato che la gravità e la tipologia di lesioni tra i pedoni sono influenzate sia dalla velocità dei veicoli con i quali entrano in contatto sia con il design, in particolare per quanto concerne l'estremità anteriore. Infatti, impatti a velocità

inferiori ai 30 Km/h determinano meno lesioni, come pure veicoli caratterizzati da muso corto ed ampio parabrezza. La testa e le estremità inferiori sarebbero, poi, sedi particolarmente colpite nelle collisioni con berline di medie dimensioni e SUV; traumi toracici, invece, sarebbero più tipici degli impatti con le monovolume.

Tra i ciclisti si osserva una frequenza elevatissima di trauma cerebrale grave (17,7%), che potrebbe ridursi con un più diffuso utilizzo del casco che, secondo una recentissima metanalisi condotta dal norvegese Høye (Accident Analysis & Prevention 2018; 117:85-97), è in grado di ridurre i traumi cranici del 43%, quelli gravi del 60% e quelli cerebrali del 53% ed è, pertanto, fortemente raccomandato. Tra i motociclisti, che sono tenuti obbligatoriamente ad usare il casco, la frequenza relativa dei traumi cerebrali è analoga a quella della totalità degli infortunati (9,9%).

## I DALY PERSI IN INCIDENTI IN FVG

Il numero annuo di incidenti con danni alle persone, ed il numero di soggetti infortunati si sono mantenuti grosso modo costanti nel periodo 2010-2016, eccetto una riduzione nei due anni 2011 e 2012. Un trend analogo si osserva per il numero di infortunati ai quali è stato possibile attribuire

una chiave stocastica per effettuare il collegamento con i dati sanitari, nonostante negli anni la proporzione di successo nell'attribuzione della chiave stocastica si sia progressivamente ridotta.

Tabella 4.2  
Percentuale di successo del collegamento del dato sanitario al dato delle forze dell'ordine in FVG. Anni 2010-2016

Anno	Incidenti	Infortunati secondo forze dell'ordine	Infortunati con chiave stocastica	% Infortunati con chiave stocastica
2010	3.210	4.415	4.205	95,2%
2011	2.864	3.930	3.742	95,2%
2012	2.839	3.935	3.528	89,7%
2013	3.354	4.642	4.119	88,7%
2014	3.391	4.568	4.076	89,2%
2015	3.521	4.771	4.044	84,8%
2016	3.507	4.772	3.902	81,8%

Fonte: MITRIS, SISR

Il numero di morti, invece, è risultato variabile negli anni. L'età era nota per oltre il 95% dei soggetti deceduti, con differenze da un anno all'altro. Vi sono periodi in cui fino a 4 soggetti deceduti sono stati esclusi dal calcolo dei DALY per mancanza di

informazioni sull'età. In tali periodi, i DALY sono sicuramente sottostimati e l'entità della sottostima è tanto maggiore quanto più giovani erano i soggetti esclusi.

Tabella 4.3  
Fonti e qualità delle informazioni sui morti per incidenti stradali in FVG. Anni 2010-2016

Anno	Morti secondo forze dell'ordine	Morti secondo forze dell'ordine + schede di morte	Morti con età nota	% morti con età nota
2010	95	98	98	100,0%
2011	83	85	84	98,8%
2012	81	81	81	100,0%
2013	85	89	89	100,0%
2014	105	107	103	96,3%
2015	73	77	76	98,7%
2016	73	74	71	95,9%

Fonte: MITRIS, SISR

Tra tutti i soggetti registrati come infortunati da parte delle forze dell'ordine, solo una parte ha riportato traumi di entità tale da determinare un'apprezzabile perdita di vita sana. Gli anni di vita sana persi da questi soggetti sono complessivamente molto inferiori rispetto a quelli persi dai soggetti che sono deceduti, nonostante questi ultimi siano numericamente molto inferiori. Gli YLL rappresentano ogni anno, infatti, oltre il 95% dei DALY.

tra tutti i soggetti registrati come infortunati da parte delle forze dell'ordine, solo una parte ha riportato traumi di entità tale da determinare un'apprezzabile perdita di vita sana. Gli anni di vita sana persi da questi soggetti sono complessivamente molto inferiori rispetto a quelli persi dai soggetti che sono deceduti, nonostante questi ultimi siano numericamente molto inferiori. Gli YLL rappresentano ogni anno, infatti, oltre il 95% dei DALY.

Anno	Morti con età nota	Feriti con perdita di vita sana	YLD	YLL	DALY	% di YLL
2010	98	2.660	94	3.386	3.481	97,3%
2011	84	2.295	45	3.060	3.105	98,5%
2012	81	2.087	35	2.735	2.770	98,7%
2013	89	2.484	126	2.835	2.961	95,7%
2014	103	2.440	88	3.263	3.350	97,4%
2015	76	2.378	114	2.234	2.348	95,2%
2016	71	2.308	125	2.366	2.491	95,0%

Tabella 4.4  
DALY persi in incidenti stradali in FVG. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

Nel complesso, si stima, conservativamente, che ogni anno vengano persi sulle strade del Friuli

Venezia Giulia tra 2.200 e 3.500 anni di vita sana.

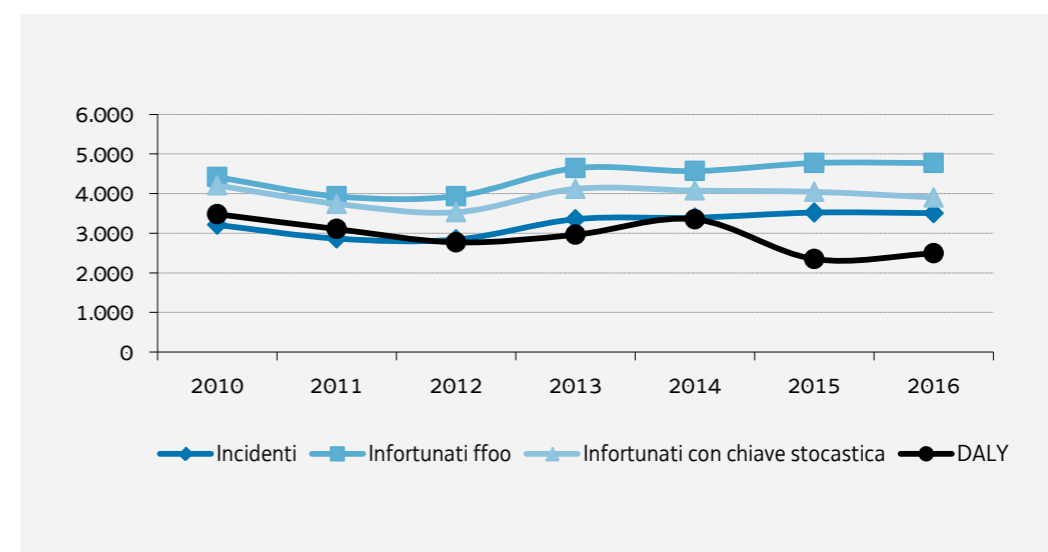


Figura 4.1  
Andamento temporale dei DALY persi per incidenti stradali in FVG. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

Di tutti i DALY persi nei 7 anni considerati, il 42% ha interessato persone a bordo di autovetture (quasi tutte private), il 28% motociclisti, il 9% ciclisti ed altrettanto i pedoni, il 5% soggetti a bordo di ciclomotori, il 3% persone su autocarri. I DALY persi da persone a bordo di altri generi di veicolo sono più rari. Alcune tipologie di veicolo, tuttavia, benché raramente coinvolte in incidenti, in quei

caso si sono rivelate associate a perdita notevole di anni di vita. Ad esempio, i 25 soggetti coinvolti in incidenti mentre erano a bordo di macchine agricole hanno perso complessivamente 90 anni di vita; i 44 a bordo di trattori stradali o motrici ne hanno persi 85; i 49 a bordo di autoarticolati ne hanno persi 131.

## NATURA E LUOGO INCIDENTE

L'impatto che un incidente può avere sulla salute delle persone coinvolte varia molto in relazione alla natura dell'incidente stesso. Le tipologie di incidenti caratterizzate da una elevata gravità

media sono le fuoriuscite di strada, responsabili in 7 anni della perdita di quasi 7000 DALY, gli urti con ostacoli, meno frequenti dei precedenti, e gli scontri frontali tra veicoli.

Tabella 4.5  
Numero di DALY in relazione alla natura dell'incidente in FVG.  
Anni 2010-2016

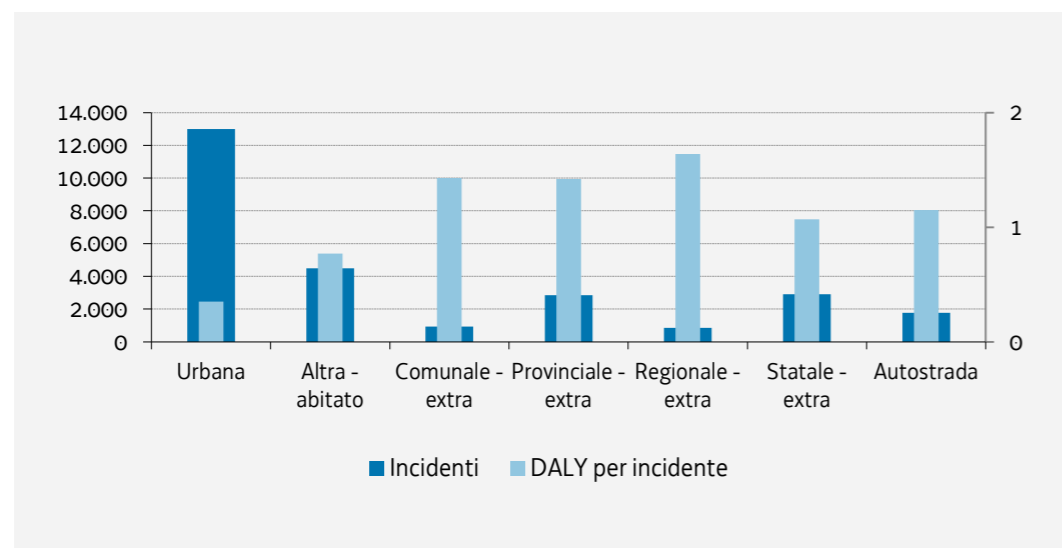
Natura dell'incidente	Incidenti	DALY	DALY per incidente
Scontro frontale	2.724	3.615	1,33
Scontro frontale-laterale	8.576	3.963	0,46
Scontro laterale	2.172	499	0,23
Tamponamento	5.213	1.468	0,28
Investimento di pedoni	2.314	1.981	0,86
Urto con veicolo in fermata	397	351	0,88
Urto con veicolo in sosta	390	296	0,76
Urto con ostacolo	825	1.260	1,53
Fuoriuscita	4.353	6.845	1,57
Frenata improvvisa	133	1	0,01
Caduta da veicolo	515	226	0,44

Fonte: MITRIS, SISR

C'è variabilità nella gravità degli incidenti in relazione al tipo di strada su cui avvengono. Sulle strade urbane avviene la maggior parte degli incidenti, ma ognuno di questi determina, in media, una perdita modesta di anni di vita sana (0,35 DALY).

Al contrario, gli incidenti che avvengono su strade extraurbane sono meno frequenti ma mediamente ben più gravi, in particolare quelli sulle strade regionali (1,27 DALY per incidente).

Figura 4.2  
Numero di incidenti e DALY per classe di strada.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

I numerosi incidenti avvenuti a livello di intersezioni non hanno mostrato una gravità media particolarmente elevata, specie in caso di presenza di semaforo o vigile. Una gravità più elevata si

osserva nei frequenti incidenti in rettilineo o, ancor di più, in quelli avvenuti in curva, oppure nei rari incidenti in pendenza o in galleria non illuminata.

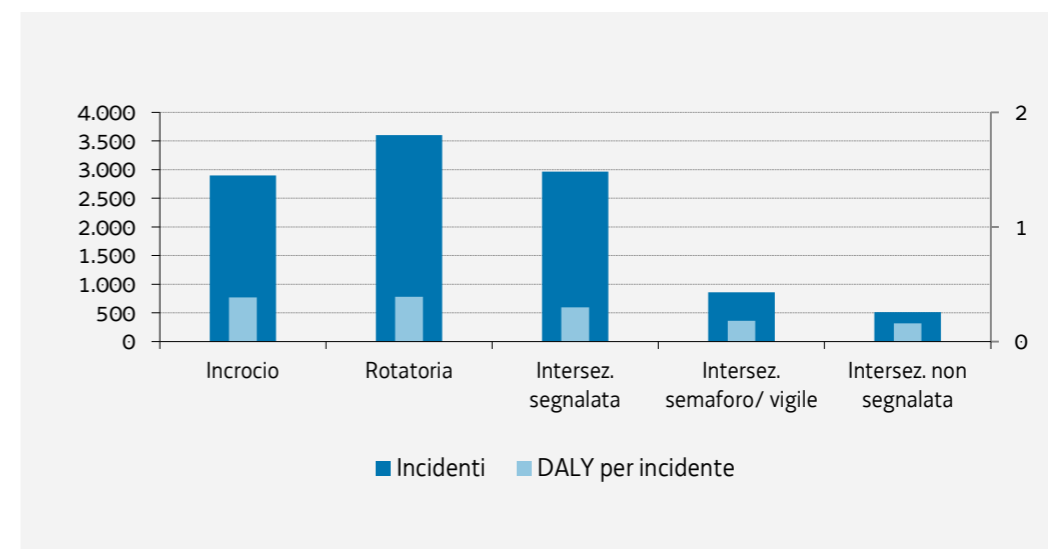


Figura 4.3  
Numero di incidenti e DALY in intersezioni.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

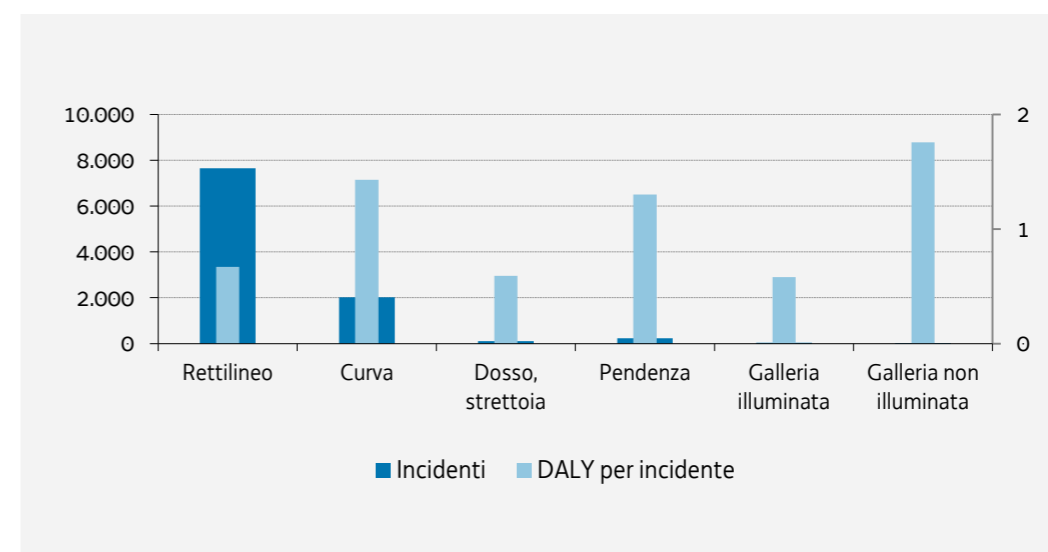


Figura 4.4  
Numero di incidenti e DALY non in intersezioni.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

Ai primi posti per numero di infortunati e di DALY troviamo i Comuni di Trieste (3.035 infortunati per 1.210 DALY), Udine (3.345 infortunati e 777 DALY), Zoppola (243 infortunati e 555 DALY) e Pordenone (1.608 infortunati e 548 DALY). Nelle tre città più grandi, mediamente, ciascun infortunato ha perso meno di un anno di vita sana. A Zoppola e negli

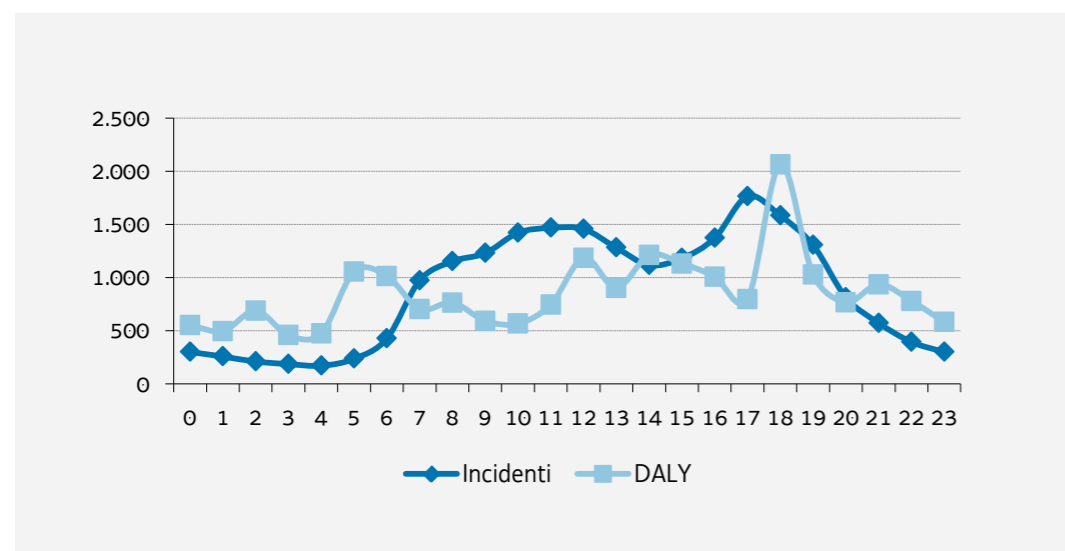
altri Comuni più piccoli che seguono (Codroipo con 468, Gonars con 437, Chions con 430, Spilimbergo con 339), invece, il rapporto DALY:infortunati è maggiore di 1, indicando una ingente perdita di vita sana media (per esempio, circa 4 DALY per infortunato a Chions e quasi 3 a Fagagna).

## ORA, GIORNO E MESE

Il numero di DALY negli anni considerati è variato fortemente in relazione all'ora del giorno, al giorno della settimana ed al mese dell'incidente, non necessariamente in modo proporzionale alla variazione del numero di incidenti. Gli incidenti avvenuti nelle fasce orarie notturne, specie dopo la mezzanotte, e nel fine settimana, sono quelli

in cui mediamente si sono persi più DALY. Negli incidenti avvenuti tra le 6 e le 12 sono stati persi mediamente 0.6 DALY per incidente; in quelli tra le 12 e le 18 mediamente 0.8; per quelli tra le 18 e mezzanotte in media 1.2; in quelli tra mezzanotte e le 6 di mattina mediamente 2.7 per incidente.

Figura 4.5  
Numero di incidenti e DALY  
per ora del giorno.  
Anni 2010-2016

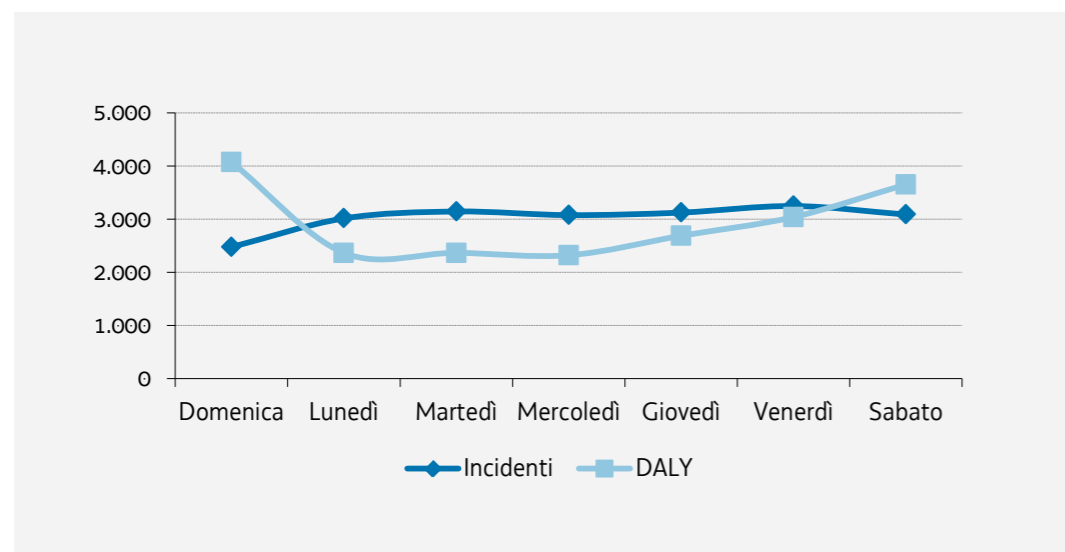


Fonte: MITRIS, SISR

Nei giorni infrasettimanali, il numero medio di DALY perso per incidente è stato di 0.7-0.9, men-

tre di sabato ne sono stati persi in media 1.2 per incidente e di domenica 1.6.

Figura 4.6  
Numero di incidenti e DALY  
per giorno della settimana.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

Relativamente al periodo dell'anno, il numero di DALY ha mostrato un andamento simile a quello del numero di incidenti, seppure con variazioni

in alcuni mesi. Il numero medio di DALY persi per incidente è variato tra un minimo di 0.5 in gennaio ad un massimo di 1.4 in settembre.

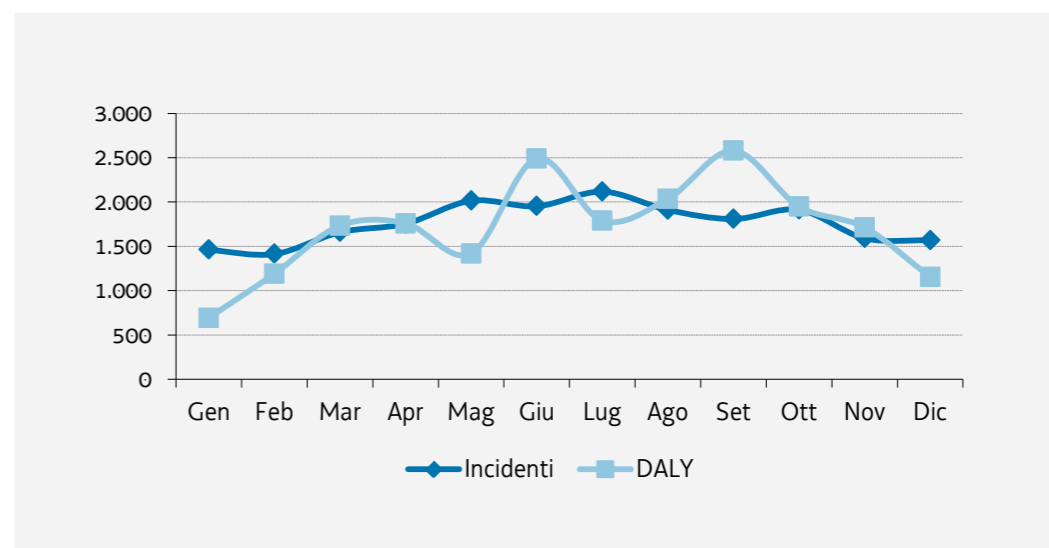


Figura 4.7  
Numero di incidenti e DALY  
per mese.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

Oltre alla variabilità stagionale, esistono differenze nel numero e nella gravità degli incidenti anche in relazione a particolari giornate dell'anno. Gli

incidenti domenicali causano mediamente maggiore perdita di vita sana degli altri.

Giorno	Numero incidenti nei 7 anni	DALY	DALY per incidente
Primo dell'anno	29	0,5	0,01
Ferragosto	48	25	0,52
Vigilia di Natale	52	58	1,12
Natale	33	45	1,36
Ultimo dell'anno	33	4	0,12
10 febbraio	58	33	0,57
10 maggio	60	22	0,37
10 agosto	73	53	0,73
10 novembre	65	23	0,35
Domenica	2.475	4.075	1,65

Tabella 4.6  
DALY medi per incidente in  
relazione al giorno dell'anno.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

## I DALY TRA I PEDONI

Nei 7 anni considerati, il 9% dei DALY ha riguardato pedoni. La morte prematura è stata responsabile della quasi totalità (98,5%) di questi DALY.

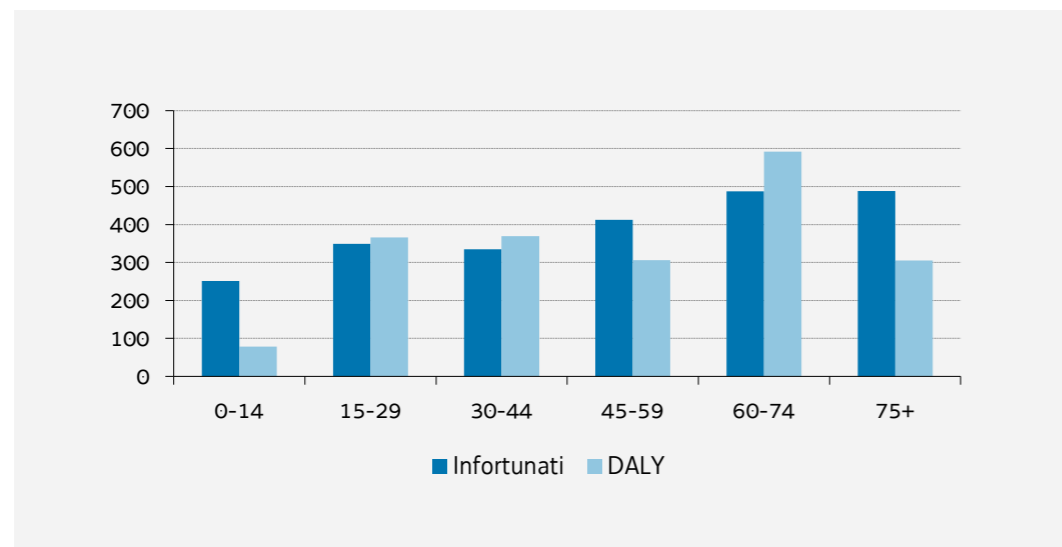
Tabella 4.7  
DALY persi da pedoni in FVG.  
Anni 2010-2016

Anno	Incidenti	Infortunati secondo forze dell'ordine	Morti totali	Feriti con perdita di vita sana	YLD	YLL	DALY
2010	253	264	9	157	8	194	203
2011	228	242	11	129	2	228	230
2012	253	270	7	155	2	165	167
2013	397	424	23	237	6	484	490
2014	424	447	18	251	3	361	365
2015	416	433	11	237	3	204	207
2016	398	424	15	224	4	353	356

Fonte: MITRIS, SISR

Le distribuzioni dei DALY e del numero di infortunati variano a seconda della classe di età dei pedoni. I bambini rappresentano una quota consistente dei pedoni infortunati (11%), ma ad essi corrisponde una quota minore di DALY (4%), indicando che solo pochi investimenti di bambini hanno avuto conseguenze letali (la perdita di vita nel caso di morte di un bambino è ingentissima perchè è alta la speranza teorica di vita). Diverso è il caso nelle età adulte e anziane. In media, ciascun pedone infortunato ha perso 0,31 DALY nella classe 0-14 anni, 1,04 nella classe 15-29, 1,10 nella classe 30-44, 0,74 nella classe 45-59, 1,21 nella classe 60-74, 0,62 nella classe ≥75 anni.

Figura 4.8  
Pedoni infortunati e DALY per classe di età in FVG.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

Il numero di DALY tra pedoni maschi e femmine è stato molto simile nel periodo considerato (51% tra i maschi e 49% tra le femmine). I maschi infortunati, però, rappresentano solo il 42% degli infortunati. Questo significa che, mediamente, gli investimenti di pedoni femmina sono più gravi.

Tra i 10 Comuni con il più alto numero di DALY in pedoni, si nota una grande sproporzione tra quelli con molti pedoni infortunati e relativamente pochi DALY, che sono Comuni tra i più popolosi della Regione, ed altri con pochi infortunati ma associati a numerosi DALY. Questi ultimi sono Comuni più piccoli, in cui, nonostante il piccolo numero di investimenti, ci sono stati dei casi mortali.

Comune	Infortunati	DALY
Trieste	178	56
Pasian di Prato	1	55
Porpetto	1	26
Tarcento	4	16
Roveredo in Piano	1	16
Fogliano Redipuglia	2	15
Villa Santina	1	13
Gorizia	8	8
Udine	70	<1
Monfalcone	17	<1

Tabella 4.8  
I 10 Comuni del FVG con il maggior numero di DALY tra pedoni.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

## DALY E VEICOLI A 2 RUOTE

Nei 7 anni considerati, il 9% dei DALY ha riguardato ciclisti, il 5% ciclomotoristi e il 28% motociclisti. La morte prematura è stata responsabile della grande maggioranza di questi DALY (rispettivamente 94%, 98% e 97%). L'età non è nota per tre ciclisti deceduti nel 2014, 2015 e 2016, per un ciclomotorista deceduto nel 2014 e per due motociclisti nel 2014 e 2016.

Tabella 4.9  
DALY persi dai ciclisti in FVG.  
Anni 2010-2016

Anno	Incidenti	Infortunati secondo forze dell'ordine	Morti totali	Feriti con perdita di vita sana	YLD	YLL	DALY
2010	400	410	15	230	3	361	364
2011	410	420	5	245	13	112	125
2012	418	427	12	228	5	388	393
2013	393	405	11	205	43	208	251
2014	434	448	11	248	3	217	220
2015	406	411	11	214	10	256	267
2016	448	459	10	229	29	195	225

Fonte: MITRIS, SISR

Tabella 4.10  
DALY persi dai ciclomotoristi in FVG.  
Anni 2010-2016

Anno	Incidenti	Infortunati secondo forze dell'ordine	Morti totali	Feriti con perdita di vita sana	YLD	YLL	DALY
2010	231	242	11	128	13	374	387
2011	197	204	5	102	1	181	182
2012	157	164	4	73	1	124	125
2013	188	199	4	90	1	204	205
2014	192	198	3	103	1	81	82
2015	153	155	0	87	4	0	4
2016	155	162	2	75	3	66	69

Fonte: MITRIS, SISR

Tabella 4.11  
DALY persi dai motociclisti in FVG.  
Anni 2010-2016

Anno	Incidenti	Infortunati secondo forze dell'ordine	Morti totali	Feriti con perdita di vita sana	YLD	YLL	DALY
2010	431	460	20	290	13	914	927
2011	423	454	23	273	9	993	1001
2012	435	469	14	259	10	580	590
2013	659	715	19	461	37	837	873
2014	645	707	28	398	21	1099	1120
2015	759	835	16	451	56	669	724
2016	727	809	14	400	23	494	517

Fonte: MITRIS, SISR

Il picco del numero di ciclisti infortunati e di DALY persi è massimo tra i 45 e i 59 anni; tra i ciclomotoristi il picco si registra senza dubbio nella classe di età dai 15 ai 24 anni, che da sola riguarda oltre il 60% degli anni di vita persi, mentre tra i motociclisti il picco è tra i 15 e i 44 anni. Relativamente al sesso, i maschi hanno rappresentato il 64% dei ciclisti infortunati, a cui corri-

sponde il 78% dei DALY, il 76% dei ciclomotoristi infortunati, a cui corrisponde l'89% dei DALY e l'82% dei motociclisti infortunati, a cui corrisponde il 90% dei DALY. Ciò significa che non solo ci sono più maschi che femmine coinvolti in incidenti su 2 ruote, ma anche che le conseguenze di questi incidenti sono mediamente più gravi tra i maschi.

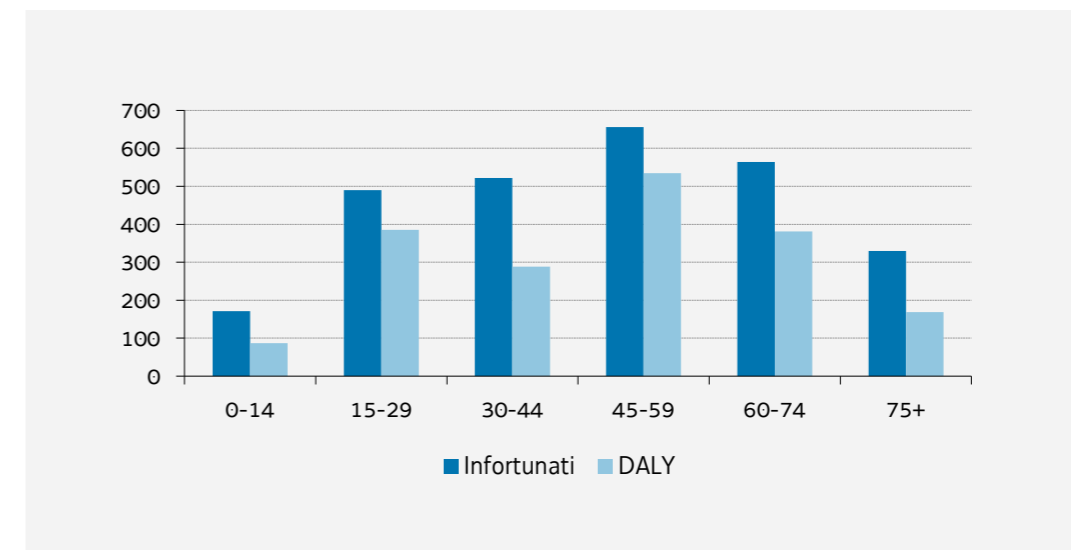


Figura 4.9  
Ciclisti infortunati e DALY per classe di età in FVG.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

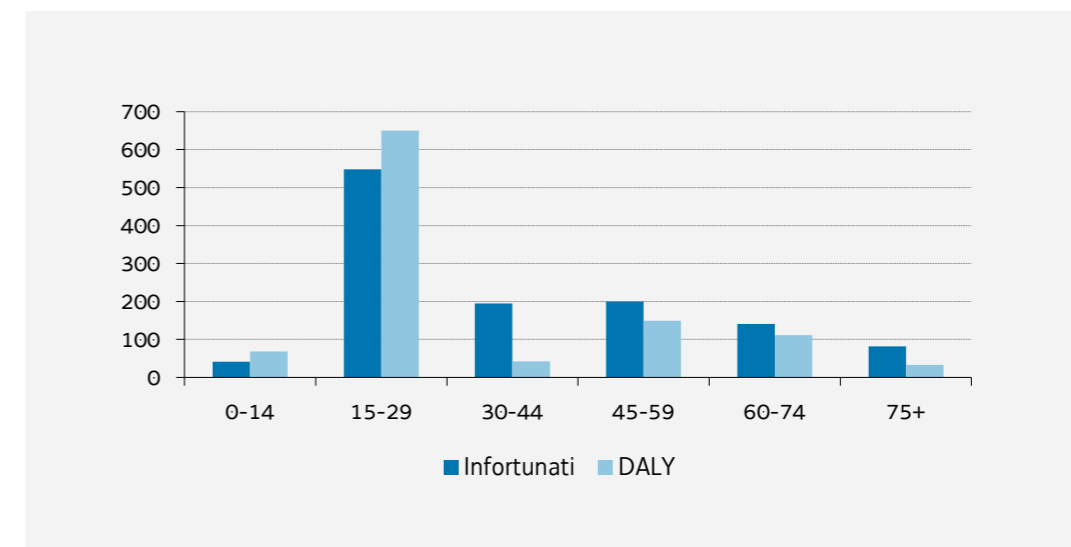
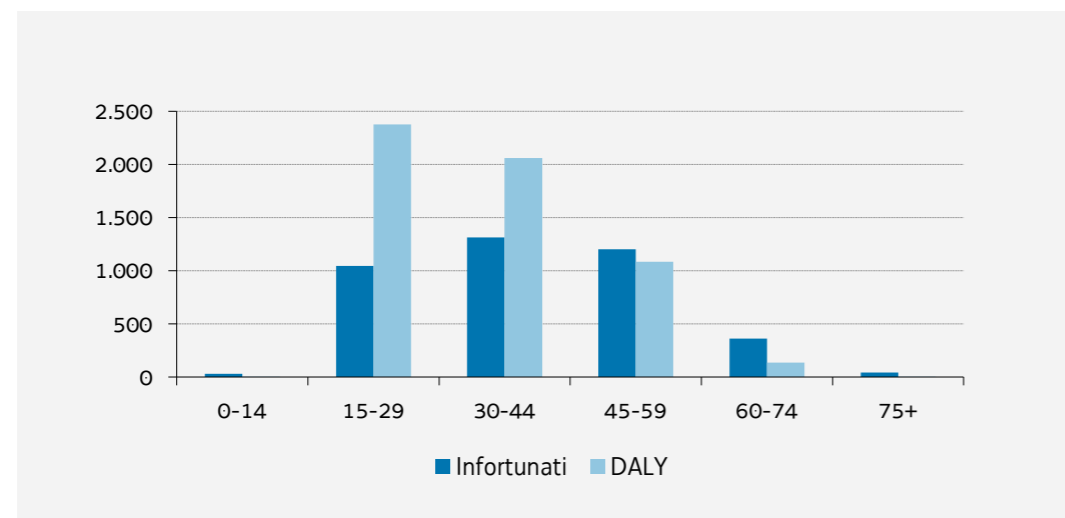


Figura 4.10  
Ciclomotoristi infortunati e DALY per classe di età in FVG.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

Figura 4.11  
Motociclisti infortunati e DALY per classe di età in FVG. Anni 2010-2016

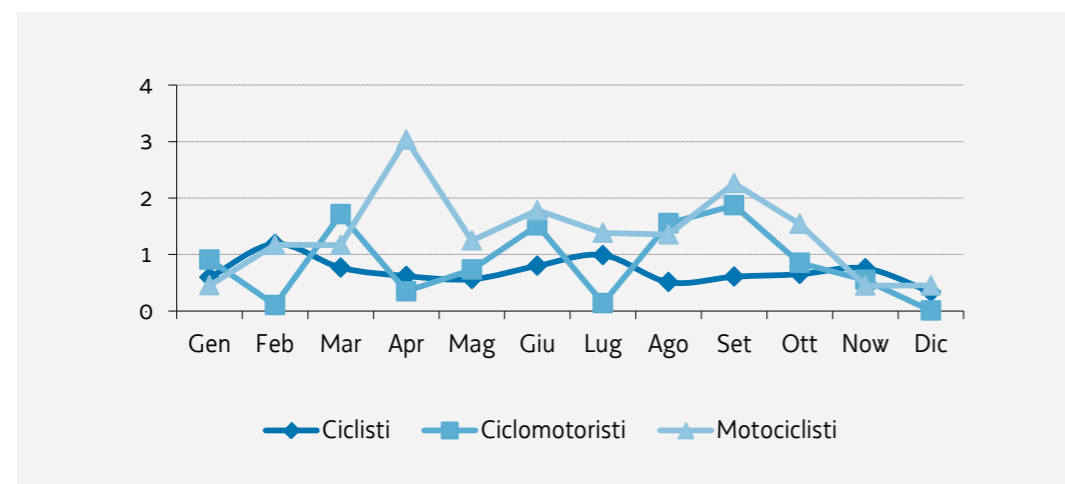


Fonte: MITRIS, SISR

Gli incidenti che coinvolgono le 2 ruote sono più numerosi nei mesi estivi rispetto a quelli invernali: per le biciclette, tra giugno ed agosto sono oltre il doppio che tra dicembre e febbraio; per i ciclomotori, si passa da 59 incidenti in gennaio a 125 in luglio, ma già da aprile e fino ad ottobre si registrano più di 100 incidenti per mese; tra i motociclisti se ne contano circa 150 per mese da novembre a febbraio, per poi aumentare progressivamente fino ai 551 di luglio, per ridiminuire nei mesi successivi.

La gravità degli incidenti che coinvolgono ciclisti e ciclomotoristi, misurata in base ai DALY medi, non presenta, invece, un andamento influenzato dalla stagionalità: tra i ciclisti la gravità è grosso modo costante; tra i ciclomotoristi è altalenante ma senza un pattern stagionale. Gli incidenti che coinvolgono i motociclisti, invece, sembrano essere mediamente meno gravi nei mesi invernali. Si osserva, poi, un picco nei DALY persi per incidente nel mese di aprile.

Figura 4.12  
Motociclisti infortunati e DALY per classe di età in FVG. Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

Di seguito sono elencati i 10 Comuni con il più alto numero di DALY in ciclisti, ciclomotoristi e motociclisti nel periodo considerato. In alcuni Comuni, a pochi infortunati corrisponde un numero molto

grande di anni di vita persi: in quei Comuni, tra gli incidenti ve ne sono stati uno o più che erano gravi, anche mortali ed anche con vittime giovani.

Comune	Infortunati	DALY
<b>Ciclisti</b>		
Pordenone	357	190
Udine	615	81
San Daniele del Friuli	10	80
San Giorgio della Richinvelda	8	71
Gorizia	134	68
Prato Carnico	1	65
Sacile	76	61
Ronchi dei Legionari	27	60
San Pietro al Natisone	3	60
Latisana	12	52
<b>Ciclomotoristi</b>		
Bertiolo	5	126
Paularo	2	68
Monfalcone	62	66
Spilimbergo	7	64
Caneva	4	64
Fanna	2	64
Paluzza	3	64
Cormons	8	63
Ragogna	3	63
Treppo Carnico	1	60
<b>Motociclisti</b>		
Trieste	1387	637
Udine	358	283
Fagagna	18	176
Pordenone	156	153
Fiume Veneto	21	152
Rive d'Arcano	7	151
Gemona	22	145
Ronchis	5	142
Mortegliano	13	117
Azzano Decimo	24	115

Tabella 4.8  
I 10 Comuni del FVG con il maggior numero di DALY tra ciclisti, ciclomotoristi e motociclisti. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR



# DENSITÀ INCIDENTALITÀ EXTRAURBANA

## DENSITÀ EXTRAURBANA

### IL COLLEGAMENTO TRA BANCHE DATI DI INCIDENTE, DALY, GRAFO STRADALE E FLUSSI DI TRAFFICO

La creazione e implementazione, da parte della Regione, di diverse banche dati riguardanti il sistema delle infrastrutture stradali nel FVG rende oggi disponibile una serie di informazioni correlabili al fine di una valutazione spaziale del fenomeno dell'incidentalità stradale in termini di distribuzione sulla rete, di gravità dei sinistri, nonché di esposizione al rischio. L'obiettivo è quello di svolgere una prima analisi estesa su tutto il territorio al fine individuare situazioni di particolare criticità identificabili come tratte chilometriche a maggior incidentalità o danno, in relazione alle conseguenze quantificabili attraverso il parametro DALY e ai flussi di traffico mediamente interessati. Nel contempo la disponibilità di una analisi per tratte consente anche l'analisi aggregata per

#### I DATI DI PARTENZA

L'ambito di analisi è costituito dalla rete stradale extraurbana principale suddivisibile nelle seguenti tre categorie funzionali: (1) autostrade e raccordi autostradali, (2) strade statali e strade regionali, (3) strade ex provinciali, oggi regionali a seguito della riforma di cui alla l.r. 26/2014.

Tale rete viene modellata attraverso il grafo stradale regionale delle strade extraurbane al quale, per ogni strada e con segmentazione chilometrica, vengono attribuiti i valori di incidentalità (frequenza, morti e feriti sul periodo 2010-2016), di DALY (si veda il capitolo 4 - dati sanitari) cumulato e di TGM (traffico giornaliero medio stimato a partire dai dati 2011 alla base del Piano regionale delle infrastrutture di trasporto, della mobilità delle merci e della logistica).

Il dettaglio di tali parametri alla scala del tratto chilometrico consente una prima analisi di insieme su tutto il FVG, ben sapendo che il successivo approfondimento, ad esempio alla scala etto-

metrica o per tipologia di incidente e soggetti coinvolti, consentirà valutazioni più di dettaglio e circostanziate. Si precisa che, pur riguardando l'ambito extraurbano, il grafo considerato ricomprende anche alcune tratte che, sebbene ai sensi del Codice della strada costituiscono strada urbana, risultano significative per l'analisi in quanto tratti in continuità di importanti itinerari che attraversano centri abitati (ad es. la SS 13 nel pordenonese o ancora la SS 14 nella bassa friulana).

Infine va evidenziato che il periodo di osservazione di 7 anni se da un lato consente di sviluppare l'analisi su una mole di dati significativi dal punto di vista statistico, dall'altro dovrà tenere conto in successivi approfondimenti delle possibili mutazioni dello scenario infrastrutturale intervenute nel medesimo periodo al fine di valutare più ponderatamente e distinguere le criticità ancora attuali da quelle in via di risoluzione o che hanno visto già la realizzazione di specifici interventi di contrasto.

coinvolti, consentirà valutazioni più di dettaglio e circostanziate.

Si precisa che, pur riguardando l'ambito extraurbano, il grafo considerato ricomprende anche alcune tratte che, sebbene ai sensi del Codice della strada costituiscono strada urbana, risultano significative per l'analisi in quanto tratti in continuità di importanti itinerari che attraversano centri abitati (ad es. la SS 13 nel pordenonese o ancora la SS 14 nella bassa friulana).

Infine va evidenziato che il periodo di osservazione di 7 anni se da un lato consente di sviluppare l'analisi su una mole di dati significativi dal punto di vista statistico, dall'altro dovrà tenere conto in successivi approfondimenti delle possibili mutazioni dello scenario infrastrutturale intervenute nel medesimo periodo al fine di valutare più ponderatamente e distinguere le criticità ancora attuali da quelle in via di risoluzione o che hanno visto già la realizzazione di specifici interventi di contrasto.

### INQUADRAMENTO GENERALE DEL FENOMENO

Alla rete del grafo analizzata, tra il 2010 e il 2016, sono riconducibili 11.751 incidenti e un valore di 13.860 anni di vita sana persi complessivamente, con una frequenza annua di sinistri pari a circa 1.680 eventi e un DALY medio annuo di 1.980 anni persi. Su poco più di due terzi della rete analizzata, in termini di tratte chilometriche, si è riscontrata la presenza di almeno un incidente.

La densità media al km degli incidenti si è assestata su valori confrontabili tra loro per le autostrade e le strade statali e regionali mentre per la rete delle ex provinciali presenta valori dimezzati.

Il DALY medio per incidente, invece, denota valori assimilabili per le strade statali/regionali ed ex provinciali, seppur più elevati per le prime, e significativamente superiori sulle autostrade.

Tipologia Strada	Km grafo rete	Km con incidenti	Incidenti	Morti	Feriti	DALY
Autostrade e Raccordi autostradali	262	210	1.512	55	1.837	2.151,62
Strade Statali e Strade Regionali	1.089	851	5.366	171	6.764	5.715,67
Ex Strade Provinciali	2.197	1.333	4.873	164	5.994	5.992,83
TOTALE	3.547	2.394	11.751	390	14.595	13.860,11

Tabella 5.1  
Ripartizione incidenti, morti, feriti e DALY per tipologia di strada extraurbana(\*) in FVG. Anni 2010-2016.

Fonte: MITRIS, SISR

Tipologia Strada	Incidenti/ km con incidenti	DALY/ km con incidenti
Autostrade e Raccordi autostradali	7,21	10,26
Strade Statali e Strade Regionali	6,30	6,71
Ex Strade Provinciali	3,66	4,49
TOTALE	4,91	5,79

Tabella 5.2  
Densità degli incidenti e del DALY per tipologia di strada extraurbana(\*) in FVG. Anni 2010-2016.

Fonte: MITRIS, SISR

Nota: (\*) Si precisa, come già visto, che per le finalità dello studio nel presente capitolo la rete analizzata ricomprende anche tratti di strade urbane in continuità di importanti itinerari extraurbani che attraversano centri abitati

## LE ZONE CRITICHE

La tabella 5.3 delle prime 20 tratte chilometriche per numero di incidenti nel periodo 2010-2016 rappresenta un estratto dell'analisi sull'intera rete extraurbana principale che viene illustrata in allegato tramite una rappresentazione grafica in cui vengono evidenziate le tratte chilometriche con una frequenza incidentale di almeno 1 incidente/anno. Sui 20 km più incidentati, pari al 0,83% della rete extraurbana principale su cui è avvenuto almeno un incidente nei 7 anni osservati, sono localizzati 727 eventi pari al 6,2% dei totali.

Da una lettura più estesa dei dati risulta interessante notare come il 10% circa degli incidenti totali (1.110 casi) risulta localizzato nei 35 km più incidentati della rete, mentre tra le prime 100 tratte chilometriche per numero di incidenti (2.326 incidenti pari a quasi il 20% dei totali) si riscontrano 26 km di tratte della SS 13 e 9 km della SS 14.

Tabella 5.3  
Primi 20 km con maggior numero di incidenti in FVG. Anni 2010-2016

Strada	Km inf.	Km sup.	Incidenti	Morti	Feriti	DALY
SS 14	125	126	61	0	68	0,23
SS 13	83	84	50	1	78	54,83
SS 13	79	80	42	0	52	0,17
SS 14	136	137	41	1	47	24,58
SR 305	17	18	41	0	52	0,15
SP 2 GO	6	7	39	1	42	65,38
SS 14	126	127	38	0	49	0,24
SS 13	82	83	36	0	50	0,18
SS 13	78	79	36	1	44	6,72
SS 13	77	78	35	0	49	6,42
SS 202	2	3	34	0	21	0,09
AS A4	515	516	33	0	12	1,00
SS 13	76	77	33	0	46	0,15
AS A23	27	28	32	0	2	0,00
SS 202	5	6	32	2	28	95,10
SR 56	32	33	30	1	31	14,15
SS 13	80	81	29	0	44	0,12
SS 14	123	124	29	0	39	8,81
SP 65 PN	1	2	28	1	44	56,60
SS 14	127	128	28	0	37	1,35

Fonte: MITRIS, SISR

La tabella 5.4 delle prime 20 tratte chilometriche per gravità degli incidenti nel periodo 2010-2016 espressa in DALY rappresenta un estratto dell'analisi sull'intera rete extraurbana principale che viene illustrata in allegato con una rappresentazione grafica in cui sono evidenziate le tratte chilometriche per valore di DALY totale accumulato. Sui 20 km di rete stradale extraurbana principale su cui si sono concentrati gli incidenti più gravi l'accumulo di DALY nei 7 anni osservati ammonta a 2753,92 anni, pari a quasi il 20% del totale degli anni di vita sana persi su tutta la rete.

Estendendo l'analisi dei dati alle prime 100 tratte chilometriche per gravità di incidenti accaduti si osserva un accumulo di DALY persi pari a 7.793,40, cioè il 56% del totale di anni di vita sana persa sull'intera rete, ed emergono nuovamente le condizioni di particolare criticità della SS 13 con 12 km di tratte su cui sono stati persi 1030,13 anni di vita sana.

Strada	Km inf.	Km sup.	Incidenti	Morti	Feriti	DALY
SS 13	90	91	13	4	17	232,45
SR 252	20	21	6	3	5	188,46
SS 13	158	159	10	3	12	170,93
AS A23	92	93	3	4	7	169,73
AS A23	2	3	9	4	11	168,55
AS A4	480	481	16	4	49	165,08
SP 111 UD	0	1	3	3	2	147,47
AS A4	479	480	14	3	21	146,01
AS A4	487	488	15	3	31	145,60
RA 13	15	16	9	2	18	128,69
SR 252	4	5	15	1	26	125,56
SP 2 UD	1	2	7	2	6	123,93
SR 177	5	6	4	4	2	117,93
SR 353	14	15	6	2	2	116,53
SP 5 UD	6	7	13	2	20	109,02
AS A28	7	8	4	2	10	103,24
SP 5 UD	2	3	5	1	6	102,82
SP 1 PN	18	19	9	2	10	100,28
SP 123 UD	3	4	1	2	0	96,53
SS 202	5	6	32	2	28	95,10

Tabella 5.4  
Primi 20 km con maggior valore di DALY persi in FVG. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

## LE STRADE PIÙ PERICOLOSE

I dati di partenza per l'analisi spaziale di cui al paragrafo precedente consentono altresì lo sviluppo di un'analisi di tipo aggregato per singole strade al fine di individuare gli itinerari nel complesso più critici in termini di incidentalità rispetto frequenza e gravità, nonché in relazione al grado di esposizione, inquadrando così il fenomeno, e confrontando quindi i diversi itinerari, anche secondo un concetto di «rischio».

L'analisi aggregata per singole strade viene proposta confrontando tra loro gli itinerari raggruppati nelle seguenti tre categorie funzionali omogenee già introdotte: (1) autostrade e raccordi autostradali, (2) strade statali e strade regionali, (3) strade ex provinciali oggi regionali.

Considerando più parametri per la classificazione si è proceduto quindi ad una analisi multicriteriale attraverso cui, ordinando le strade per criticità di ciascun criterio e adottando dei pesi diversi per tipo di criterio, è stato definito un grado di pericolosità complessivo per le diverse strade. I criteri adottati per ciascuna strada nella sua estesa complessiva sono i seguenti (tra parentesi viene indicato il relativo peso attribuito): numero di incidenti (0,15), numero di morti (0,20), densità incidenti per km con sinistri (0,15), DALY (0,20), DALY medio per incidente (0,20), tasso di incidentalità (0,10).

### AUTOSTRADE E RACCORDI AUTOSTRADALI

Partendo dall'analisi del sistema regionale di autostrade e raccordi autostradali (incidentalità media per km pari a 7,21, cioè poco più di uno all'anno) sono da rilevare a livello complessivo le condizioni di incidentalità sulle dorsali principali A4, raccordo autostradale 13, A23 e A28. Confrontando le 4

Secondo tale calcolo, quindi, il grado di pericolosità esprime con valori tanto più bassi situazioni di incidentalità progressivamente più critiche.

Il DALY medio per incidente è un parametro che intende considerare la gravità degli incidenti che accadono sulle diverse strade, consentendo il confronto tra queste in quanto i valori di anni persi sono rapportati al singolo incidente.

Il tasso di incidentalità, invece, è un indicatore che mette in relazione il numero di eventi incidentali con il volume di traffico e viene espresso come numero medio di incidenti annui per milioni di veicoli-km transitati; disponendo dei valori di incidentalità sul periodo di 7 anni (2010-2016) e del TGM su ogni tratta chilometrica delle strade analizzate, il tasso di incidentalità complessivo è stato quindi calcolato come segue:  $10^6 * (\sum_i \text{numero incidenti su tratto } i\text{-esimo}) / (365 * 7 * \sum_i \text{TGM su tratto } i\text{-esimo} * \text{km tratto } i\text{-esimo})$ .

Il principio seguito nella scelta dei pesi assegnati ai criteri è stato quello di dare priorità ai parametri correlati alla gravità degli incidenti (casi di decesso, anni di vita sana persi totali e medi per incidente) considerando al contempo la ricorsività dei casi e la loro densità (incidenti e incidenti/km) e infine l'esposizione al fenomeno in termini di flussi veicolari.

arterie tra loro si possono distinguere i parametri del DALY/incidente e di tasso di incidentalità che sul RA 13 denotano valori più alti, mentre la densità di incidenti lungo l'itinerario della A23 risulta la metà di quella riscontrata sulle altre tratte sopra citate.

Strada	Denominazione	Km	Km con incidenti	Incidenti	Morti	Feriti
AS A4	Venezia-Trieste	58,6	56,6	602	20	839
RA 13	Sistiana-Cattinara	20,9	20,9	206	10	235
AS A23	Palmanova-Tarvisio	119,7	85,9	352	17	324
AS A28	Portogruaro-Conegliano	31,9	29,9	305	5	375
NSA 326	Lacotisce - Rabuiese	3,8	3,8	14	1	21
NSA 314	Cattinara-Padriciano	2,9	2,9	5	2	6
NSA 56	SS14 - A4	1,6	1,6	8	-	10
RA 14	Diramazione per Ferneti	1,8	1,8	5	-	8
RA 16	Cimpello - A28	3,4	2,0	6	-	8
AS A34	Villesse-Gorizia	17,0	4,0	9	-	11

Tabella 5.5  
Classificazione delle strade più pericolose. Autostrade e raccordi autostradali in FVG. Anni 2010-2016 (1)

Fonte: MITRIS, SISR

Strada	Denominazione	DALY	Incidenti / km con inc.	DALY / inc.	Tasso inc. medio	Punteggio pericolosità
AS A4	Venezia-Trieste	856,27	10,6	1,42	0,135	2,2
RA 13	Sistiana-Cattinara	432,01	9,8	2,10	0,193	3,2
AS A23	Palmanova-Tarvisio	579,61	4,1	1,65	0,115	3,4
AS A28	Portogruaro-Conegliano	198,90	10,2	0,65	0,136	4,0
NSA 326	Lacotisce - Rabuiese	35,81	3,7	2,56	0,131	5,1
NSA 314	Cattinara-Padriciano	48,71	1,7	9,74	0,082	5,9
NSA 56	SS14 - A4	0,09	4,9	0,01	1,475	6,6
RA 14	diramazione per Ferneti	0,11	2,7	0,02	0,236	7,7
RA 16	Cimpello - A28	0,06	3,0	0,01	0,029	8,6
AS A34	Villesse-Gorizia	0,04	2,2	0,00	0,016	8,7

Tabella 5.6  
Classificazione delle strade più pericolose. Autostrade e raccordi autostradali in FVG. Anni 2010-2016 (2)

Fonte: MITRIS, SISR

**STRADE STATALI E STRADE REGIONALI**

Passando alla categoria delle strade statali e regionali (incidentalità media per km con incidenti pari a 6,30 cioè poco meno di uno all'anno), lungo cui sono accaduti nel periodo 2010-2016 quasi il 46% degli incidenti della rete extraurbana analizzata, si presenta di seguito l'elenco delle prime 20 strade per pericolosità complessiva. Si evidenzia come sulle prime 6 (SS 13, SR 252, SR 351, SR 352, SS 14 e SR 251) si accumulano quasi la metà (2.626 pari al 48,9%) degli incidenti sulle statali e regionali e sono stati persi 3.185 DALY (pari al 55,7% dei DALY totali su SS e SR). Nel complesso, invece, le prime 20 strade elencate coprono in termini di

incidenti, morti e DALY rispettivamente l'87,3%, 94,2% e 94,7% del fenomeno lungo le statali e regionali. Osservando i singoli criteri di valutazione emergono in termini assoluti il numero totale di incidenti lungo la SS 13 Pontebbana (1.230 casi pari a quasi il 23% del totale) e dei morti e feriti, nonché l'elevato DALY riscontrato anche sulla SR 252; rispetto i valori relativi si distingue la densità di incidenti della SR 58 (più di una volta e mezza di arterie come la SS 13 e la SS14), e il DALY medio per incidente particolarmente elevato, oltre 7 anni persi per singolo sinistro, della SR 177 Piandipansuqual e della SR 117 di Gorizia.

Strada	Denominazione	Km	Km con incidenti	Incidenti	Morti	Feriti
SS 13	Pontebbana	165,0	163,6	1.230	44	1.635
SR 252	di Palmanova	44,0	42,0	202	16	252
SR 351	di Cervignano	26,0	24,3	162	9	219
SR 352	di Grado	41,0	39,4	179	12	251
SS 14	della Venezia Giulia	66,0	65,7	562	7	684
SR 251	della Val di Zoldo e Val Cellina	82,0	78,6	291	7	368
SR 58	della Carniola	11,0	9,5	145	3	106
SR 353	della Bassa Friulana	27,0	26,3	134	5	175
SR 305	di Redipuglia	19,0	18,3	216	5	301
SR 512	del lago di Cavazzo	22,0	21,7	89	4	116
SR 464	di Spilimbergo	46,0	45,7	292	5	412
SR 177	Pian di Pan - Sequals	27,0	26,7	36	8	47
SR 117	di Gorizia	4,0	3,8	16	3	17
SS 202	Triestina	16,0	15,6	194	3	163
SR 463	del Tagliamento	57,0	55,7	220	8	276
SS 52	Carnica	61,0	59,3	127	6	163
SS 52 bis	Carnica	33,0	32,6	80	5	94
SR 56	di Gorizia	30,0	30,0	266	4	342
SR 354	di Lignano	15,0	14,7	69	4	92
SR 356	di Cividale	44,0	42,2	174	3	242

Tabella 5.7  
Classificazione delle 20 strade statali e regionali più pericolose in FVG. Anni 2010-2016 (1)

Fonte: MITRIS, SISR

Strada	Denominazione	DALY	Incidenti / km con inc.	DALY / inc.	Tasso inc. medio	Punteggio pericolosità
SS 13	Pontebbana	1.547,48	9,4	1,26	0,431	6,1
SR 252	di Palmanova	543,62	4,9	2,69	0,441	7,2
SR 351	di Cervignano	246,43	6,9	1,52	0,712	9,1
SR 352	di Grado	391,22	5,2	2,19	0,256	10,3
SS 14	della Venezia Giulia	201,41	8,9	0,36	0,509	11,1
SR 251	della Val di Zoldo e Val Cellina	254,90	5,0	0,88	0,364	11,4
SR 58	della Carniola	140,73	15,3	0,97	2,091	12,5
SR 353	della Bassa Friulana	232,15	5,3	1,73	0,286	13,4
SR 305	di Redipuglia	92,51	12,5	0,43	0,535	13,5
SR 512	del lago di Cavazzo	200,49	4,1	2,25	0,751	13,7
SR 464	di Spilimbergo	167,78	6,5	0,57	0,296	14,3
SR 177	Pian di Pan - Sequals	265,64	2,2	7,38	0,052	14,6
SR 117	di Gorizia	112,26	8,6	7,02	4,685	14,7
SS 202	Triestina	95,86	12,9	0,49	0,349	15,5
SR 463	del Tagliamento	153,83	4,2	0,70	0,258	15,6
SS 52	Carnica	217,77	2,9	1,71	0,285	15,7
SS 52 bis	Carnica	177,84	3,8	2,22	0,299	15,9
SR 56	di Gorizia	107,76	8,9	0,41	0,293	16,2
SR 354	di Lignano	168,07	5,0	2,44	0,157	16,2
SR 356	di Cividale	97,38	4,6	0,56	0,375	18,3

Tabella 5.8  
Classificazione delle 20 strade statali e regionali più pericolose in FVG. Anni 2010-2016 (2)

Fonte: MITRIS, SISR

## STRADE EX PROVINCIALI

Per quanto riguarda la rete delle ex strade provinciali, oggi anch'esse regionali a seguito della riforma di cui alla L.R. 26/2014, il fenomeno nel periodo 2010-2016 si è presentato secondo una distribuzione meno marcata (densità media per km con incidenti pari a 3,66, cioè poco più di un incidente ogni due anni), data anche l'estensione della rete pari a circa il doppio di quella delle strade statali e regionali. Tuttavia, come già osservato nella sintesi iniziale del capitolo, solo sul 60,7% dei km della rete delle ex SP risultano essere accaduti incidenti e sulle prime 20 strade in termini di pericolosità, pur concentrandosi il 34,9% degli incidenti totali della rete, sono stati persi 2.673 anni di vita sana pari al 44,6% del DALY totale sulle ex SP.

Considerando i singoli criteri emergono le seguenti particolarità: l'elevato numero di incidenti (270) e morti (11) sulla SP 1 (PN), valori questi pari al doppio di quelli riscontrati al secondo posto, la densità media di incidenti lungo la SP 72 (PN) e la SP 11 (GO), che non compaiono tra le prime 20 ma presentano valori (rispettivamente 26,8 e 23,1) circa il doppio di quello della SP 2 (GO) posizionata al terzo posto rispetto tale criterio, il DALY medio per incidente particolarmente elevato, escludendo le singolarità (SP 31 (UD) e la SP 123 (UD) con soli 1 e 3 incidenti), per la SP 11 (UD), anch'essa non in elenco tra le prime 20, con quasi 21 anni di vita sana persi per incidente.

Tabella 5.9  
Classificazione delle 20 strade ex provinciali più pericolose in FVG. Anni 2010-2016 (1)

Strada	Denominazione	Km	Km con incidenti	Incidenti	Morti	Feriti
SP 2 GO	Pieris - Monfalcone	7,3	7,3	97	3	111
SP 5 UD	Sandanielese	17,8	14,0	77	4	108
SP 1 PN	della Val d'Arzino	76,0	58,7	270	11	334
SP 35 PN	Opitergina	10,4	10,0	89	3	96
SP 19 GO	Monfalcone - Grado	21,0	19,0	68	6	90
SP 25 PN	di Tamai	12,3	8,3	46	5	58
SP 49 UD	Osovana	25,3	23,1	112	5	144
SP 9 PN	di Pasiano	8,5	8,0	54	2	63
SP 4 GO	Capriva - Gradisca	6,4	5,4	22	2	27
SP 56 UD	dello Stella	23,3	13,3	42	2	46
SP 6 PN	del Sile	31,3	27,1	143	3	155
SP 21 PN	di Bannia	10,2	10,2	59	2	79
SP 2 PN	di Maraldi	8,0	8,0	35	2	43
SP 1 TS	del Carso	23,7	22,7	142	2	136
SP 7 PN	di Aviano	8,7	8,7	67	2	86
SP 95 UD	di Madrisio	18,8	15,0	65	4	98
SP 15 UD	di Faedis	10,6	9,6	69	2	85
SP 39 UD	del Varmo	34,3	25,1	104	2	94
SP 29 PN	Pedemontana Occidentale	34,1	28,0	93	4	108
SP 65 PN	dei Templari	5,9	4,9	45	1	67

Fonte: MITRIS, SISR

Strada	Denominazione	DALY	Incidenti / km con inc.	DALY / inc.	Tasso inc. medio	Punteggio pericolosità
SP 2 GO	Pieris - Monfalcone	145,05	13,2	1,50	1,084	18,8
SP 5 UD	Sandanielese	296,89	5,5	3,86	0,477	19,0
SP 1 PN	della Val d'Arzino	470,00	4,6	1,74	0,393	25,8
SP 35 PN	Opitergina	102,65	8,9	1,15	0,503	27,7
SP 19 GO	Monfalcone - Grado	241,85	3,6	3,56	0,361	28,7
SP 25 PN	di Tamai	186,34	5,5	4,05	0,187	29,6
SP 49 UD	Osovana	190,74	4,8	1,70	0,292	30,2
SP 9 PN	di Pasiano	69,43	6,8	1,29	0,526	34,2
SP 4 GO	Capriva - Gradisca	96,47	4,1	4,39	1,803	34,4
SP 56 UD	dello Stella	119,77	3,2	2,85	0,566	36,7
SP 6 PN	del Sile	83,45	5,3	0,58	0,374	36,8
SP 21 PN	di Bannia	71,51	5,8	1,21	0,463	37,3
SP 2 PN	di Maraldi	91,34	4,4	2,61	0,437	38,4
SP 1 TS	del Carso	33,97	6,2	0,24	1,691	38,8
SP 7 PN	di Aviano	61,52	7,7	0,92	0,330	38,8
SP 95 UD	di Madrisio	80,21	4,3	1,23	0,347	39,5
SP 15 UD	di Faedis	37,66	7,2	0,55	0,612	40,0
SP 39 UD	del Varmo	94,97	4,1	0,91	0,344	40,6
SP 29 PN	Pedemontana Occidentale	142,41	3,3	1,53	0,247	40,7
SP 65 PN	dei Templari	56,69	9,1	1,26	0,504	40,7

Tabella 5.10  
Classificazione delle 20 strade ex provinciali più pericolose in FVG. Anni 2010-2016 (2)

Fonte: MITRIS, SISR

## MONOGRAFIE ASSI PRINCIPALI

Vengono analizzati di seguito l'andamento e la gravità dell'incidentalità, in termini di frequenza dei sinistri e di DALY accumulato nel periodo 2010-2016, lungo lo sviluppo chilometrico di alcuni tra gli assi principali di viabilità ordinaria regionale. Gli assi analizzati sono i primi tre in termini di maggior numero di incidenti occorsi lungo l'intero itinerario (la SS 13, la SS 14 e la SR 464)

più un insieme di altre strade statali e regionali particolarmente rilevanti sia per quanto riguarda il fenomeno dell'incidentalità che per la loro funzione nel sistema infrastrutturale regionale (SS 52, SS 55, SR 14, SR 56, SR 252, SRS 352 e SR 354). La figura seguente illustra la rete stradale, escluse autostrade e raccordi autostradali, analizzata sovrapposta alla densità km degli incidenti.

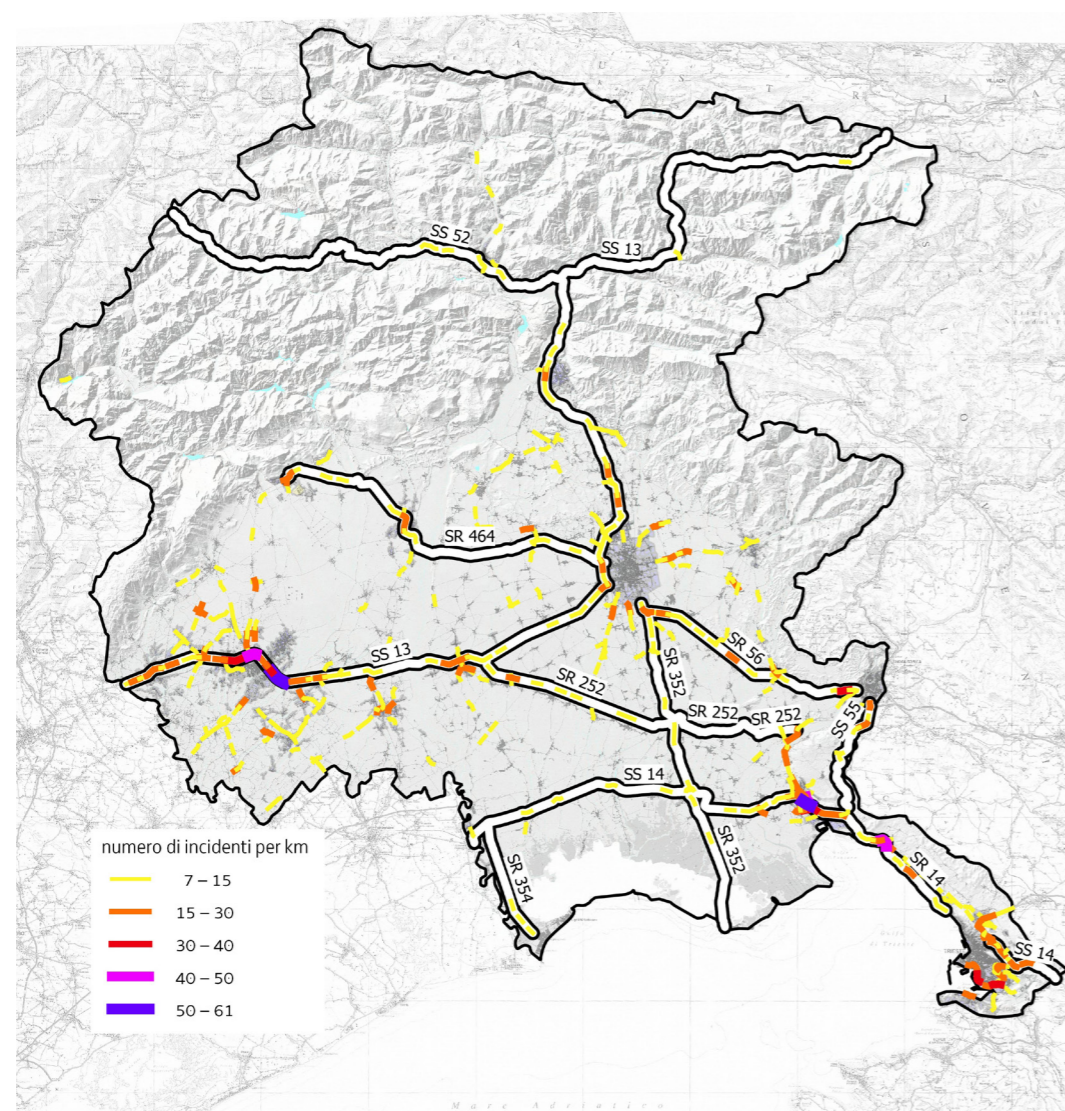


Figura 5.1  
Assi principali non autostradali e densità dell'incidentalità nel FVG. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

### S.S. N. 13 "PONTEBBANA"

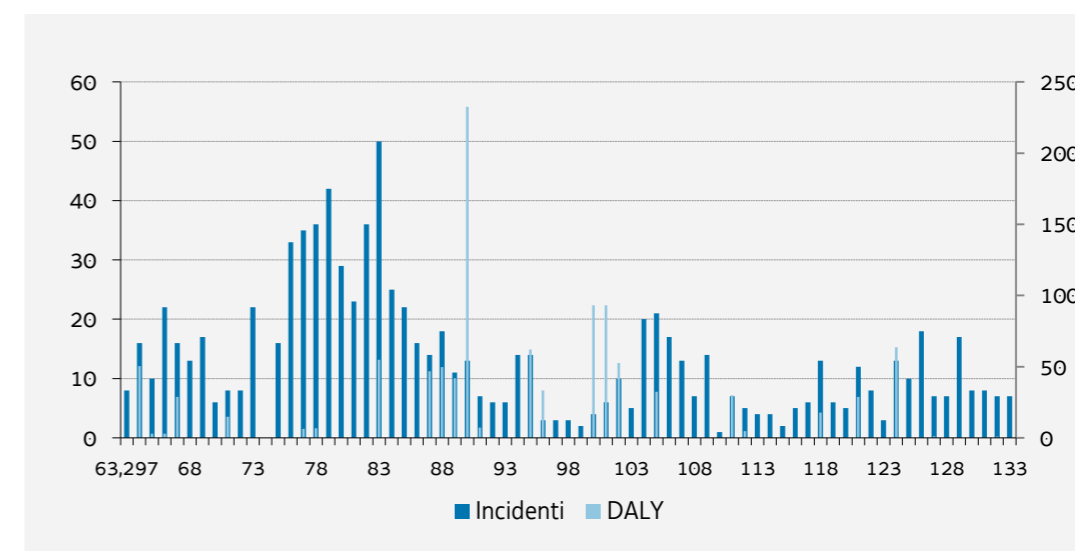


Figura 5.2  
SS 13 "Pontebbana" dal km 63,297 (Sacile - confine Veneto) al km 134 (svincolo A23 - casello Udine Nord). Numero incidenti e DALY per km. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

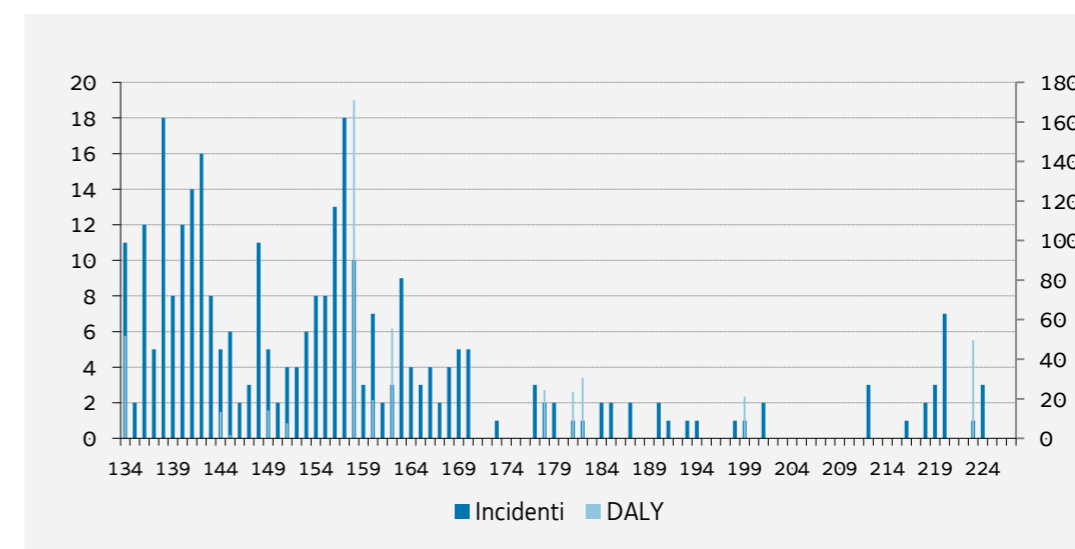
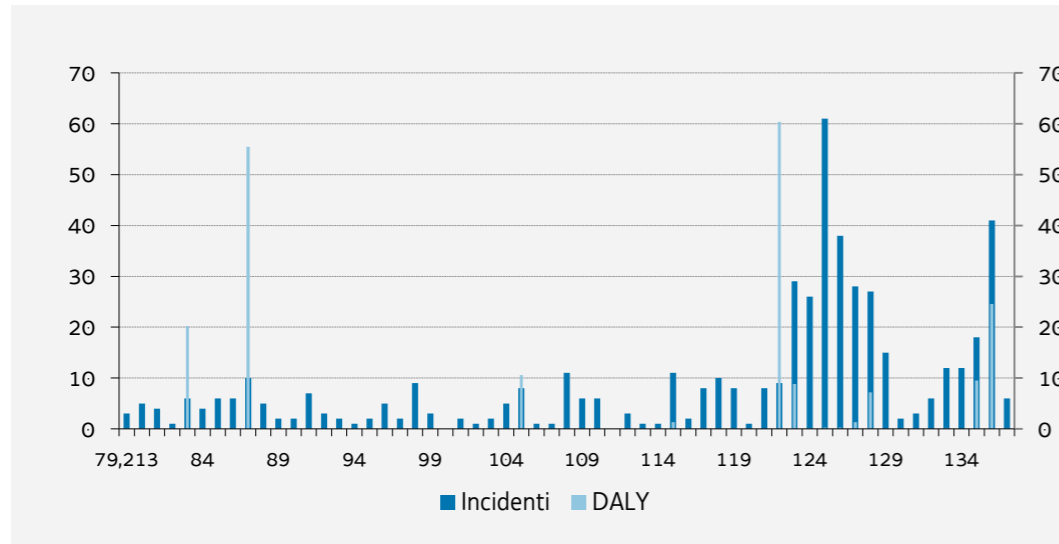


Figura 5.3  
SS 13 "Pontebbana" dal km 134,293 (svincolo A23 - casello Udine Nord) al km 228 (Tarvisio - confine Austria). Numero incidenti e DALY per km. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

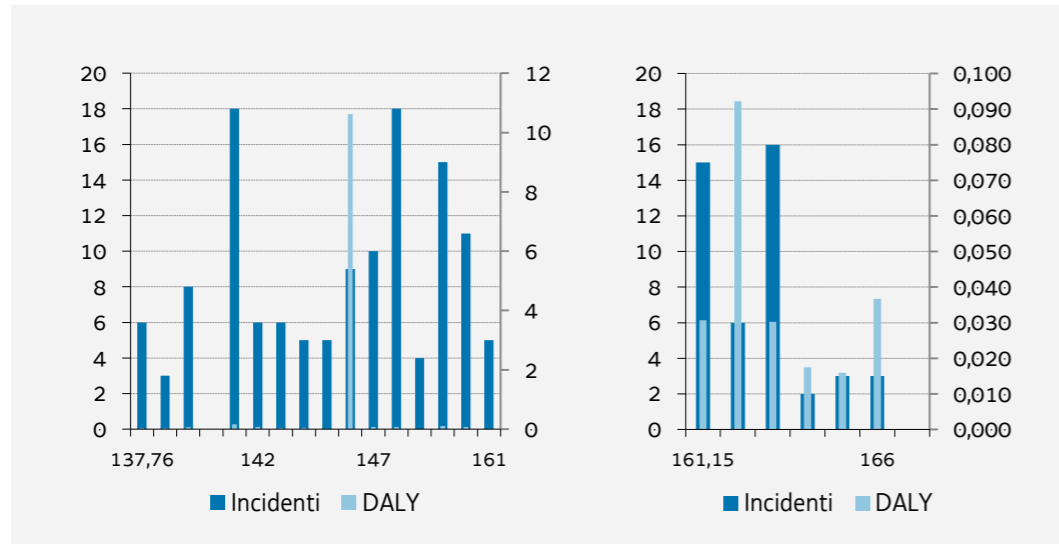
### S.S. N. 14 E S.R. N. 14 "DELLA VENEZIA GIULIA"

Figura 5.4  
SS 14 "della Venezia Giulia"  
dal km 79,213 (Latisana)  
al km 137,760 (Sistiana).  
Numero incidenti e DALY  
per km.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

Figura 5.5  
SR 14 "della Venezia Giulia"  
dal km 137,760 (Sistiana) al  
km 161,150 (Bivio ad H), a  
sinistra, e dal km 161,150  
(Bivio ad H) al km 167,980  
(Pese - Confine Slovenia), a  
destra. Numero incidenti e  
DALY per km.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

### S.R. N. 464 "DI SPILIMBERGO"

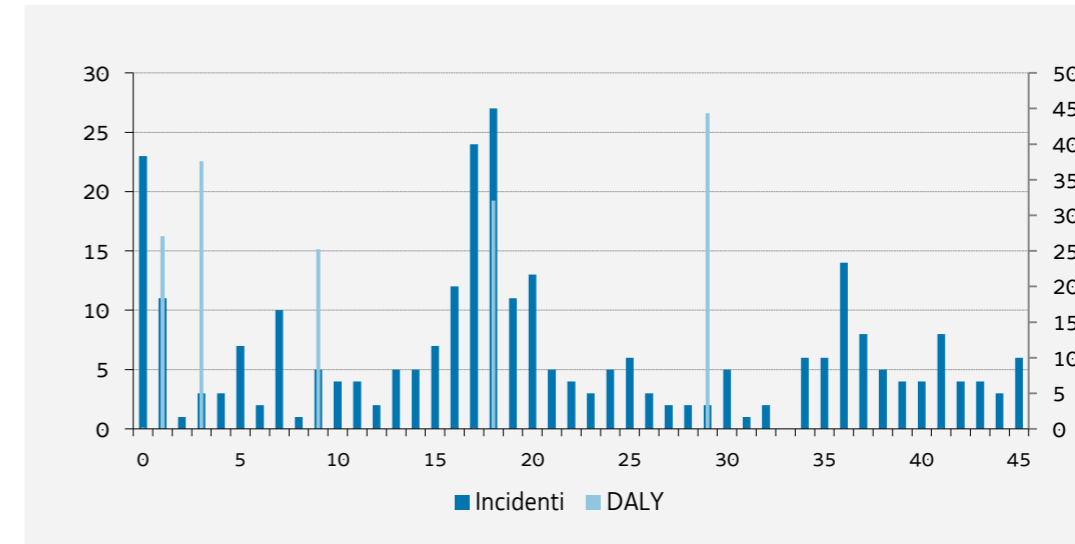


Figura 5.6  
SR 464 "di Spilimbergo" dal  
km 0 (Maniago) al km 45,470  
(Udine). Numero incidenti  
e DALY per km.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

### S.S. N. 52 "CARNICA"

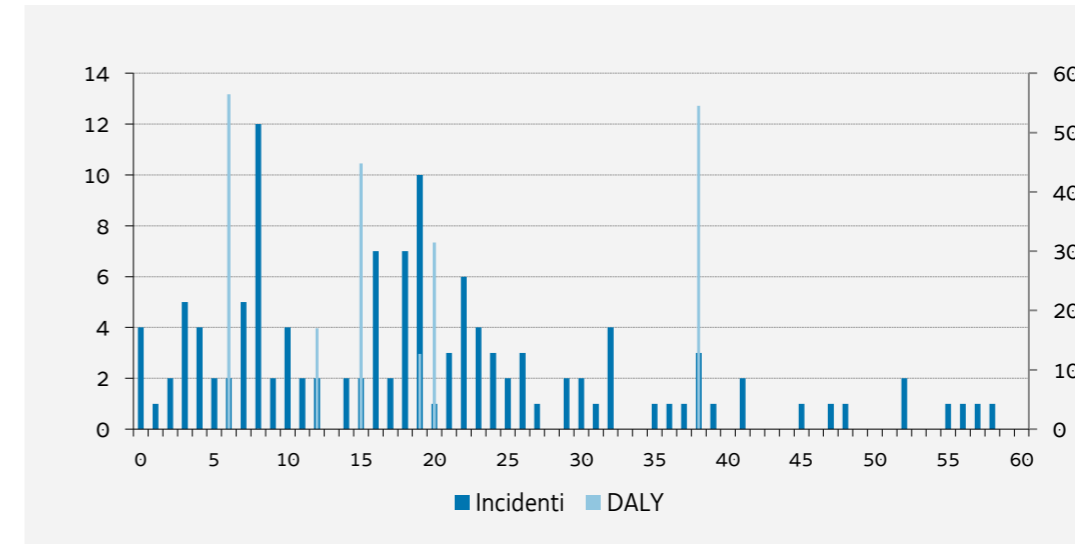


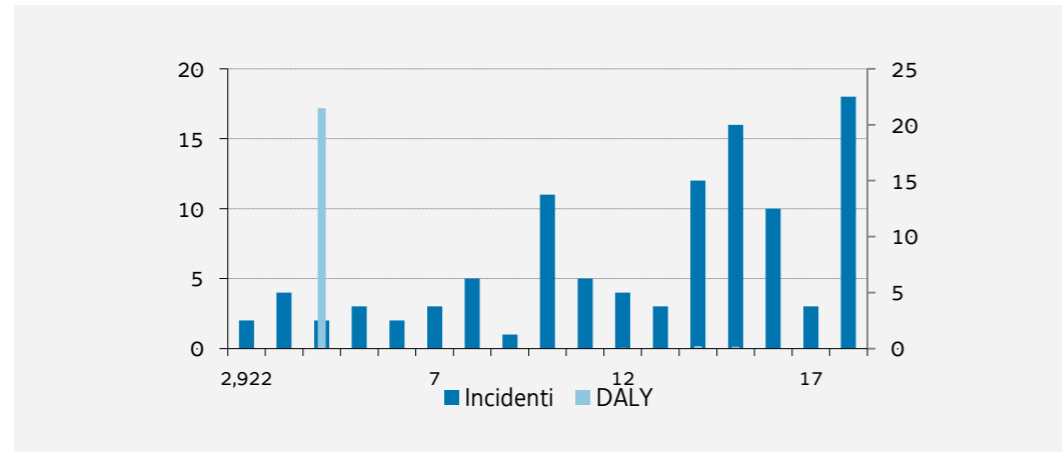
Figura 5.7  
SS 52 "Carnica" dal km 0  
(Tolmezzo) al km 62,629  
(Forni di Sopra - confine  
Veneto). Numero incidenti  
e DALY per km.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR



### S.S. N. 55 "DELL'ISONZO"

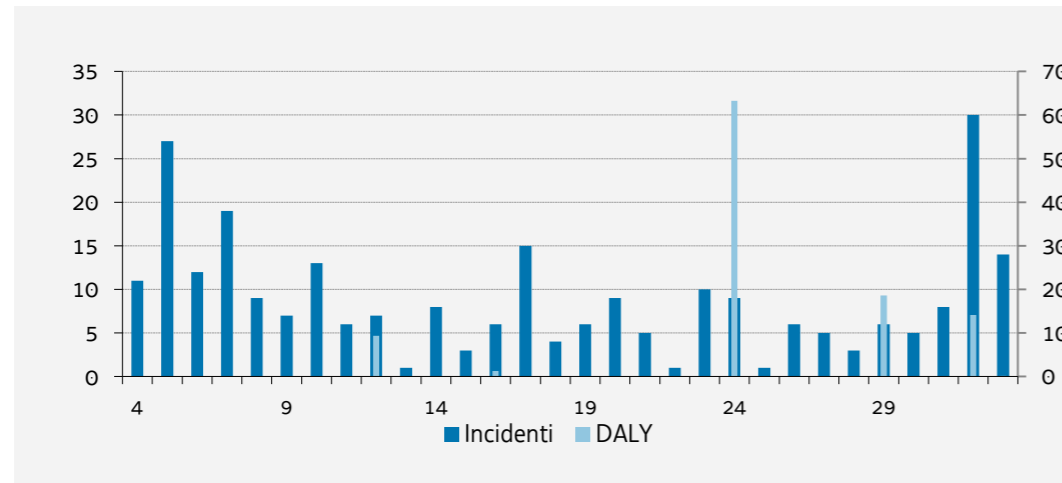
Figura 5.8  
SS 55 "dell'Isonzo" dal km 2,922 (Sablici) al km 18,250 (Gorizia). Numero incidenti e DALY per km. Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

### S.R. N. 56 "DI GORIZIA"

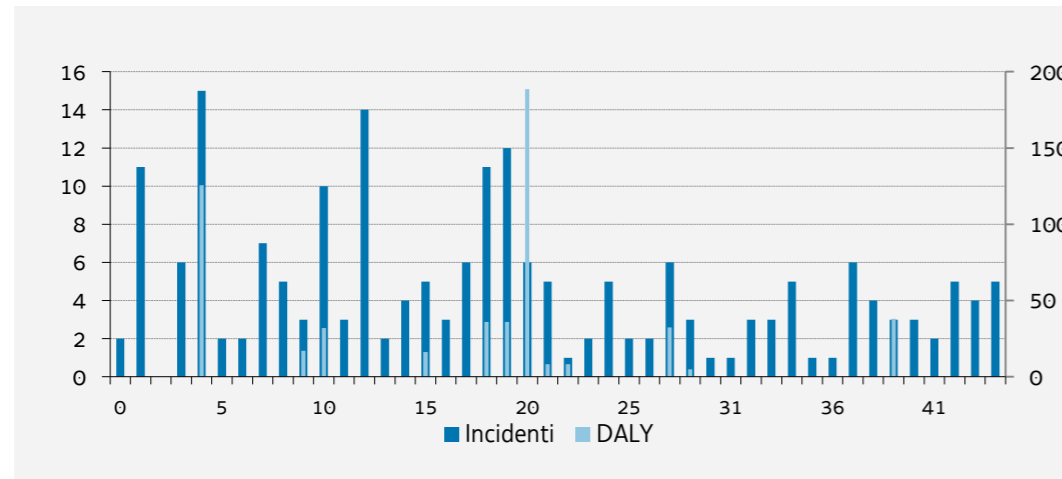
Figura 5.9  
SR 56 "di Gorizia" dal km 4 (Udine - Fine centro abitato) al km 34 (Gorizia). Numero incidenti e DALY per km. Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

### S.R. N. 252 "DI PALMANOVA"

Figura 5.10  
SS 252 "di Palmanova" dal km 0 (Codroipo) al km 44,948 (Gradisca). Numero incidenti e DALY per km. Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

### S.R. N. 352 "DI GRADO"

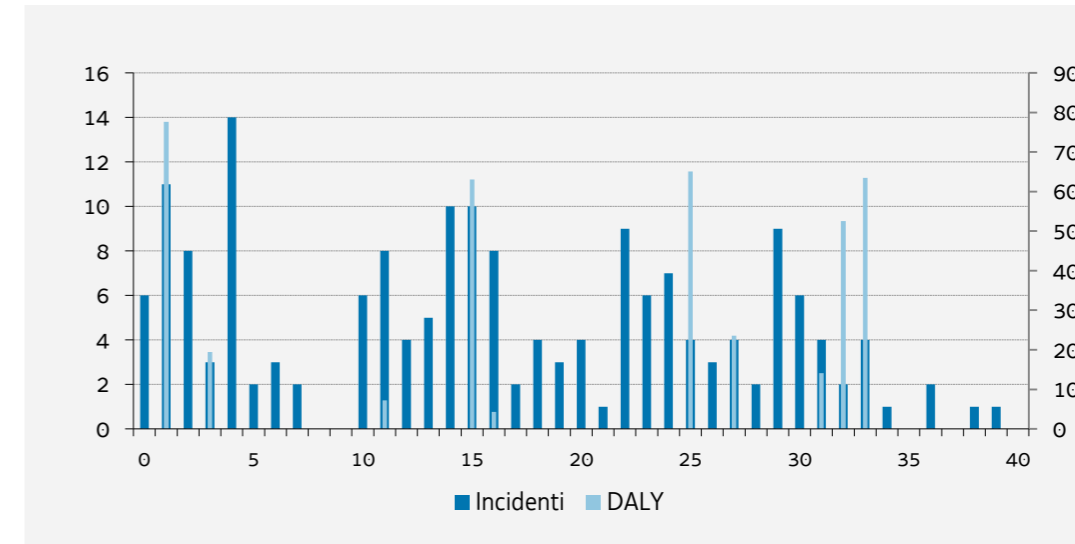


Figura 5.11  
SR 352 "di Grado" dal km 0 (Udine - Paparotti) al km 40,416 (Grado). Numero incidenti e DALY per km. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

### S.R. N. 354 "DI LIGNANO"

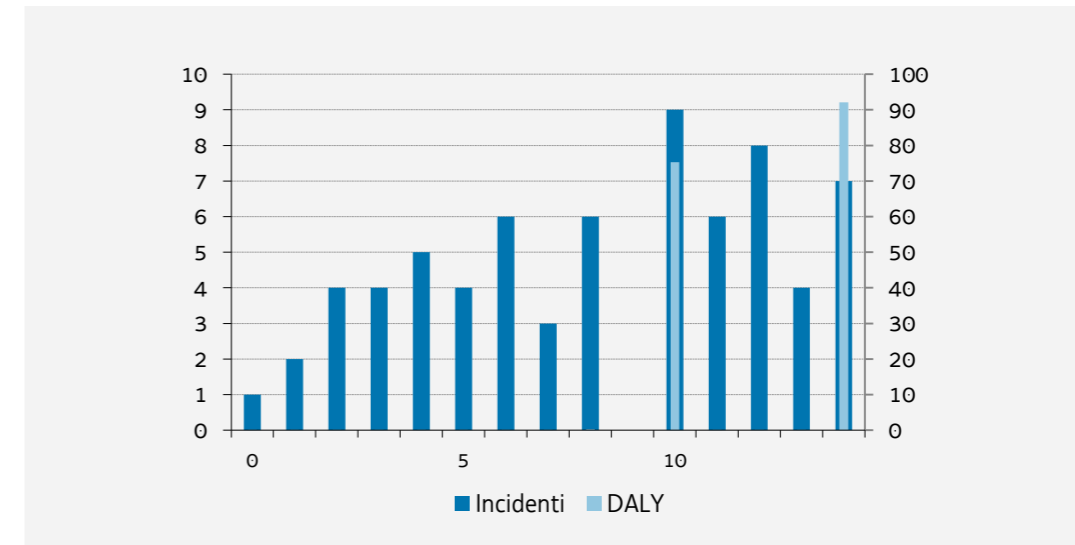


Figura 5.12  
SR 354 "di Lignano" dal km 0 (Crosero) al km 14,800 (Lignano). Numero incidenti e DALY per km. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

# INCIDENTALITÀ NEI CENTRI ABITATI

## INCIDENTI E CENTRI ABITATI

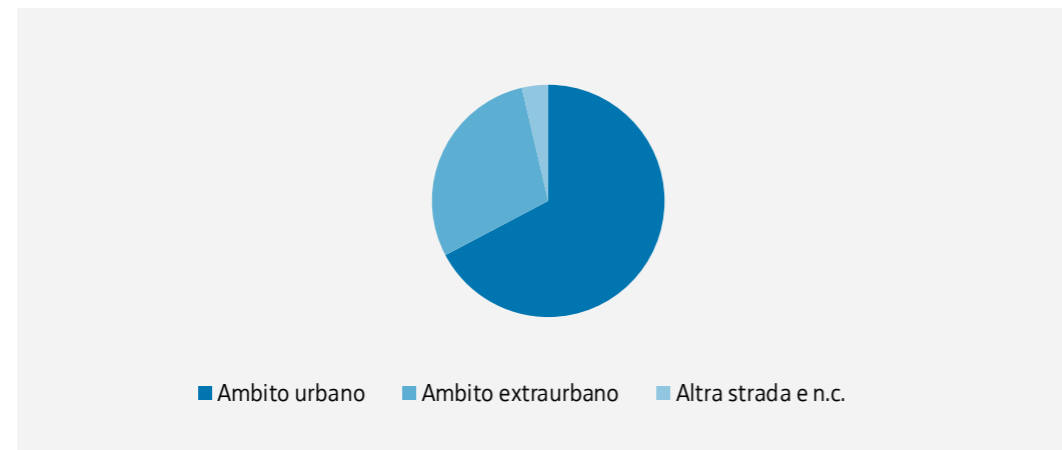
### INQUADRAMENTO GENERALE DEL FENOMENO

Valutando il fenomeno nel complesso degli ultimi 7 anni, tra il 2010 e il 2016, l'incidentalità all'interno dei centri abitati del FVG ha riguardato più dei due terzi (67,3%) del totale dei sinistri avvenuti in regione. Le conseguenze di tali incidenti sono comunque risultate mediamente meno rilevanti rispetto l'ambito extraurbano, sia in termini di numero di decessi (il 42,8% dei totali) che di anni di vita sana persi (DALY nei centri abitati pari al 38,4% del valore complessivo). Ciò significa, in termini di DALY medio per incidente, che un incidente in centro abitato ha comportato la perdita di 0,51 anni mentre fuori dai centri abitati sono stati persi 1,80 anni.

Scendendo nel dettaglio del fenomeno, in ambito urbano si deve rilevare il diverso impatto che hanno

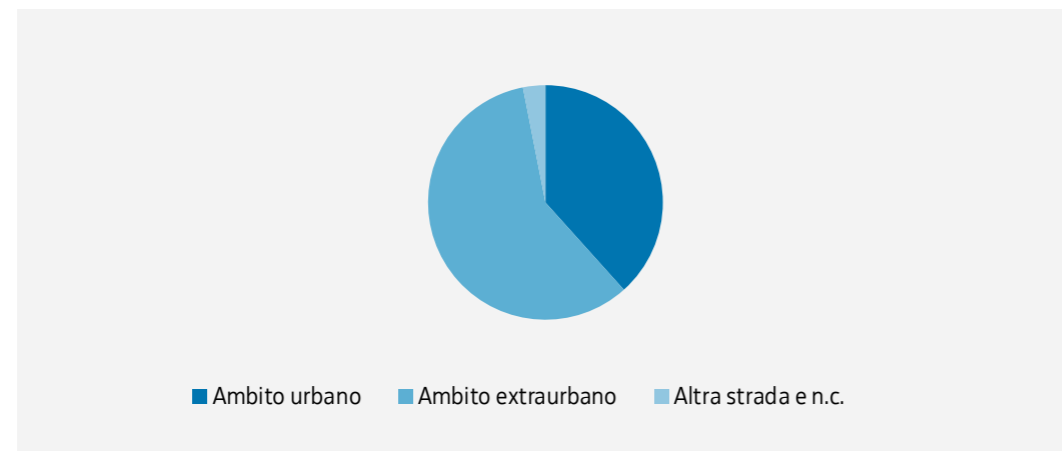
avuto i sinistri sulla rete comunale piuttosto che sui tratti delle cosiddette "traverse urbane", cioè i tratti di strade statali, regionali o ex provinciali che attraversano i centri abitati: i primi casi, pur in numero preponderante (pari al 77,7% dei casi in ambito urbano) hanno comportato la perdita di un DALY medio per incidente pari a 0,38 anni, mentre, lungo le traverse, un numero sensibilmente inferiore di incidenti ha provocato una perdita media di DALY pari a 0,98 anni. Si tenga conto inoltre che l'estesa chilometrica dei tratti di traverse urbane risulta ben più contenuta e circoscritta rispetto la lunghezza e la distribuzione delle strade comunali nei centri abitati e, pertanto, di come la criticità delle traverse interne risulti particolarmente importante.

Figura 6.1  
Ripartizione incidenti per ambito urbano ed extraurbano nel FVG.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Figura 6.2  
Ripartizione DALY per ambito urbano ed extraurbano nel FVG.  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS, SISR

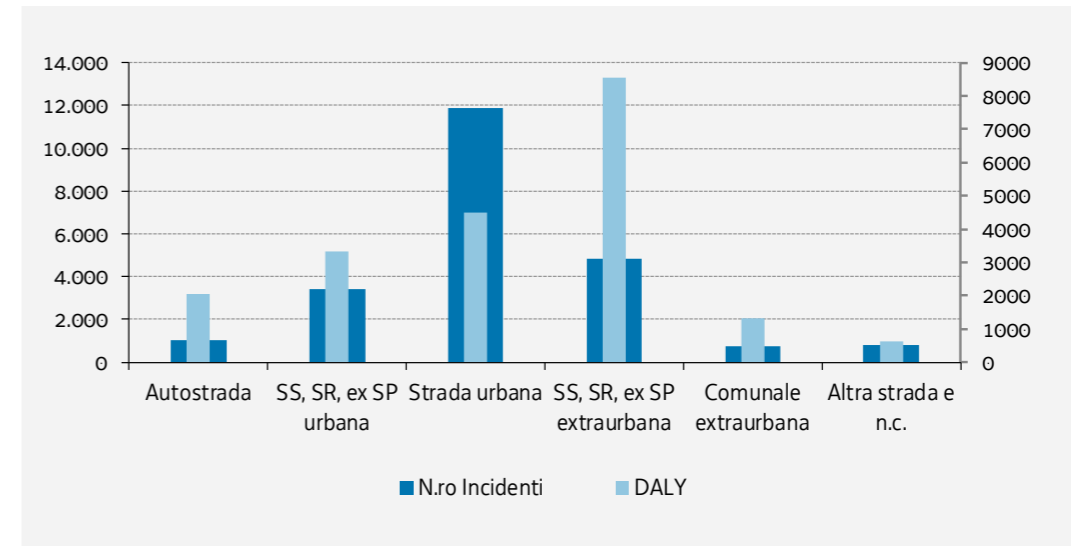


Figura 6.3  
Ripartizione incidenti e DALY per tipologia di strada e ambito nel FVG.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

### AMBITI URBANI CON PIÙ INCIDENTI

Si riporta di seguito l'elenco dei primi 10 Comuni per numero di incidenti occorsi in ambito urbano nel periodo 2010-2016. In tali realtà urbane nel complesso avvengono i due terzi circa (65,5%) degli incidenti nei centri abitati del FVG pari, in termini di DALY, al 37,1% di anni di vita sana persa complessivamente negli ambiti urbani del FVG.

Le caratteristiche spaziali del fenomeno nei dieci Comuni citati vengono altresì illustrate in allegato attraverso la rappresentazione di "heat map" delle aree urbane rispetto la densità degli incidenti.

Comune	Incidenti	Morti	Feriti	DALY
Trieste	3.226	43	3.905	1.207,25
Udine	3.029	26	3.911	687,80
Pordenone	1.394	12	1.716	397,65
Gorizia	650	11	817	248,65
Monfalcone	593	3	772	130,02
Lignano Sabbiadoro	315	0	384	6,77
Sacile	245	4	305	81,13
Cordenons	206	1	259	35,51
Ronchi dei Legionari	187	1	252	14,50
Codroipo	177	3	206	88,50

Tabella 6.1  
Ripartizione incidenti, morti, feriti e DALY nei centri abitati (ambito urbano) dei primi dieci Comuni del FVG.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

# CONCLUSIONI

## CONCLUSIONI

Il rapporto si conclude nella parte analitica e gli allegati contengono le mappe relative alle Cluster Analysis e alle analisi spaziali e lineari effettuate nei capitoli precedenti.

Viene allegato il rapporto "Incidentalità stradale sulla rete di competenza di FVGStrade - Analisi aggregata e modellazione predittiva", basato sullo studio delle situazioni ante e post operam di 50 rotoatorie realizzate per la messa in sicurezza di altrettante intersezioni. I contenuti dello studio sono di supporto alla verifica della funzionalità e dell'efficacia degli interventi finanziati sulle principali strade regionali e un ottimo strumento

Quando emerge dall'analisi dei dati costistuisce una base conoscitiva di supporto al decisore, poichè indica senz'altro le priorità di azione con l'evidenza di quei punti e quelle criticità che se affrontate per prime contribuiscono decisamente all'abbattimento del valore degli indicatori di pericolosità. Si tratta di analisi su scala regionale di supporto a una pianificazione regionale: si evidenzia, tuttavia, che gli stessi dati e le medesime informazioni sono analizzabili su scala locale, dove la lettura delle caratteristiche della singola criticità può garantire una risoluzione adeguata e una maggiore efficacia dell'intervento per la messa in sicurezza.

Sotto questo profilo molto è stato fatto e la Regione ormai da tempo nelle linee contributive destinate al finanziamento d'interventi di sicurezza stradale richiede un'analisi dell'incidentalità; Friuli Venezia Giulia Strade utilizza questi dati nel lavoro quotidiano di progettazione e programmazione.

Le cause che determinano gli incidenti sono diverse e, come dicono le statistiche, la maggior parte di esse attiene al comportamento del conducente, pertanto lavorando sulla sensibilizzazione e sulla prevenzione di comportamenti a rischio si può raggiungere l'obiettivo di diminuire il numero degli incidenti e la gravità delle relative conseguenze. Tuttavia si sottolinea che laddove si rileva una frequenza significativa dell'evento sinistroso può rilevarsi un elemento dell'infrastruttura o al contorno (ambientale, urbanistico etc) che contribuisce in modo determinante al verificarsi dell'evento, sul quale si può e si deve intervenire programmando gli adeguamenti necessari all'infrastruttura stradale.

per verificare i miglioramenti da apportare nella progettazione di questi impianti.

Si lascia alla lettura delle tavole allegate la sintesi delle evidenze che emergono da questa analisi su scala regionale, tuttavia s'intende segnalare la novità costituita dal calcolo dei DALY associati agli incidenti e quindi al grafo regionale, che consente di ricavare una mappatura della pericolosità della strada quando a questa si associano, oltre al valore del DALY (assoluto del tratto e medio per ogni incidente), anche il numero di incidenti, numero di morti, densità incidenti per km con sinistri, tasso di incidentalità.

I dati confermano che la maggior parte degli incidenti avviene in ambito urbano e che la maggior parte dei DALY risulta sulle strade extraurbane, ma l'analisi dei DALY tra i pedoni ci rivela che un valore medio basso per incidente di questo indicatore riguarda i centri abitati di grandi dimensioni, mentre è alto per gli incidenti che coinvolgono i pedoni nei centri di piccole dimensioni. Quest'ultimo valore è legato agli incidenti sulle traverse urbane delle strade statali, regionali e provinciali che costituiscono una criticità rilevante per il nostro territorio. In questi ultimi venti anni sono state finanziati molti interventi degli enti locali volti ad affrontare questo tipologia di criticità e il Servizio lavori pubblici, infrastrutture di trasporto e comunicazione ha affidato, mediante concorso, lo studio di fattibilità di per la messa in sicurezza delle traverse urbane di tutte le strade regionali (extra-statali) e statali gestite da FVGStrade, sulla base di una metodologia già sperimentata, con l'obiettivo d'individuare soluzioni modulari e replicabili lungo gli itinerari stradali per le medesime criticità.

I dati ci dicono inoltre che i mezzi pubblici sono più sicuri dei mezzi privati, pertanto la diminuzione degli spostamenti privati su gomma a favore dei mezzi pubblici, che è uno degli obiettivi prioritari del PRITMML, è un vero e proprio indirizzo in termini di raggiungimento degli standard di sicurezza stradale e non solo ambientale. A tal fine si auspica che i DALY per incidente stradale (con la correlata spesa sanitaria) diventino un parametro da valutare nelle analisi benefici costi degli investimenti per il sistema pubblico di trasporto.

La Regione sta implementando il Sistema Informativo Stradale (S.I.S.) di cui il C.R.M.S.S. è parte con il Catasto delle strade regionali in corso di realizzazione, con l'estensione della rete di monitoraggio dei flussi di traffico su tutta la rete stradale regionale in concorso con FVGStrade e con la realizzazione della banca dati sulla rete ciclistica regionale, per una progressiva integrazione delle informazioni sulle reti di trasporto. Il sistema permette già una correlazione tra la rete stradale (con le sue caratteristiche tecniche e funzionali) e la domanda (i flussi di traffico) e i fenomeni che incidono su questo funzionamento, come gli incidenti, ma con il completamento si arricchirà la base informativa sulla quale questa correlazione può essere effettuata.

L'obiettivo, naturalmente, non sono i dati, ma le informazioni ad essi correlate, quale supporto alle decisioni e come input di orientamento nella pianificazione e programmazione degli interventi, sia per la regione che per i comuni.

# ALLEGATI

## DENSITÀ EXTRAURBANA

### RETE STRADALE EXTRAURBANA PRINCIPALE

Le analisi dell'incidentalità extraurbana nel presente rapporto ha riguardato l'insieme della viabilità extraurbana principale del FVG. Tale viabilità è composta dalla rete autostradale e dei raccordi autostradali, dalle strade statali e regionali in ambito extraurbano e dalle ex strade provinciali (oggi regionali) in ambito extraurbano; per le finalità dello studio vengono inoltre ricompresi quei tratti urbani

di strade statali e regionali - siano essi traverse interne o strade comunali ai sensi del Codice della strada - rilevanti in quanto tratti in continuità di importanti itinerari che attraversano centri abitati (come ad es. la SS 13 nel pordenonese o ancora la SS 14 nella bassa friulana). Le caratteristiche di sintesi di tale rete, definita come «extraurbana principale» sono le seguenti.

Tipologia strada	Km rete	Km con incidenti	Incidenti	Morti	Feriti	DALY
Autostrade e RA autostradali	262	210	1.512	55	1.837	2.152
SS e SR	1.089	851	5.366	171	6.764	5.716
Ex SSPP	2.197	1.333	4.873	164	5.994	5.993
<b>Totale</b>	<b>3.547</b>	<b>2.394</b>	<b>11.751</b>	<b>390</b>	<b>14.595</b>	<b>13.860</b>

Tabella A.1  
Ripartizione incidenti, morti, feriti e DALY sulla rete extraurbana principale del FVG.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS, SISR

### DENSITÀ CHILOMETRICA INCIDENTI

Nelle mappe di seguito allegate sulla densità chilometrica degli incidenti lungo la rete stradale extraurbana principale è riportata, con gradualità di colore e spessore diversi, l'entità degli incidenti stradali sulle tratte chilometriche nel periodo complessivo 2010-2016.

Per chiarezza di esposizione le mappe vengono inquadrare sulle quattro aree provinciali del FVG

### DALY ACCUMULATI

Nelle mappe più avanti allegate sui DALY accumulati per incidente stradale e per km lungo la rete stradale extraurbana principale è riportata, con gradualità di colore e spessore diversi, l'entità degli anni di vita sana complessivamente persi a causa degli incidenti stradali su ciascuna tratta chilometriche nel periodo 2010-2016.

La rappresentazione del DALY accumulato nel FVG viene inquadrata sull'intero territorio regionale ma distinguendo tra le tre reti funzionali diverse:

e le entità sono rappresentate per valori pari ad almeno 7 incidenti, cioè unicamente lungo quei tratti stradali su cui mediamente, nel periodo di analisi, è accaduto almeno un incidente all'anno.

quella delle autostrade e raccordi autostradali, quella delle strade statali e regionali e quella, infine, delle ex strade provinciali.

Si precisa inoltre che vengono evidenziate solo le tratte per le quali il link tra la banca dati Mitris e quella Sanitaria ha avuto esito positivo in almeno un caso degli incidenti accaduti sulla tratta stessa, condizione questa avvenuta per la rete extraurbana principale in esame nel 93% circa dei casi.

## PORDENONE

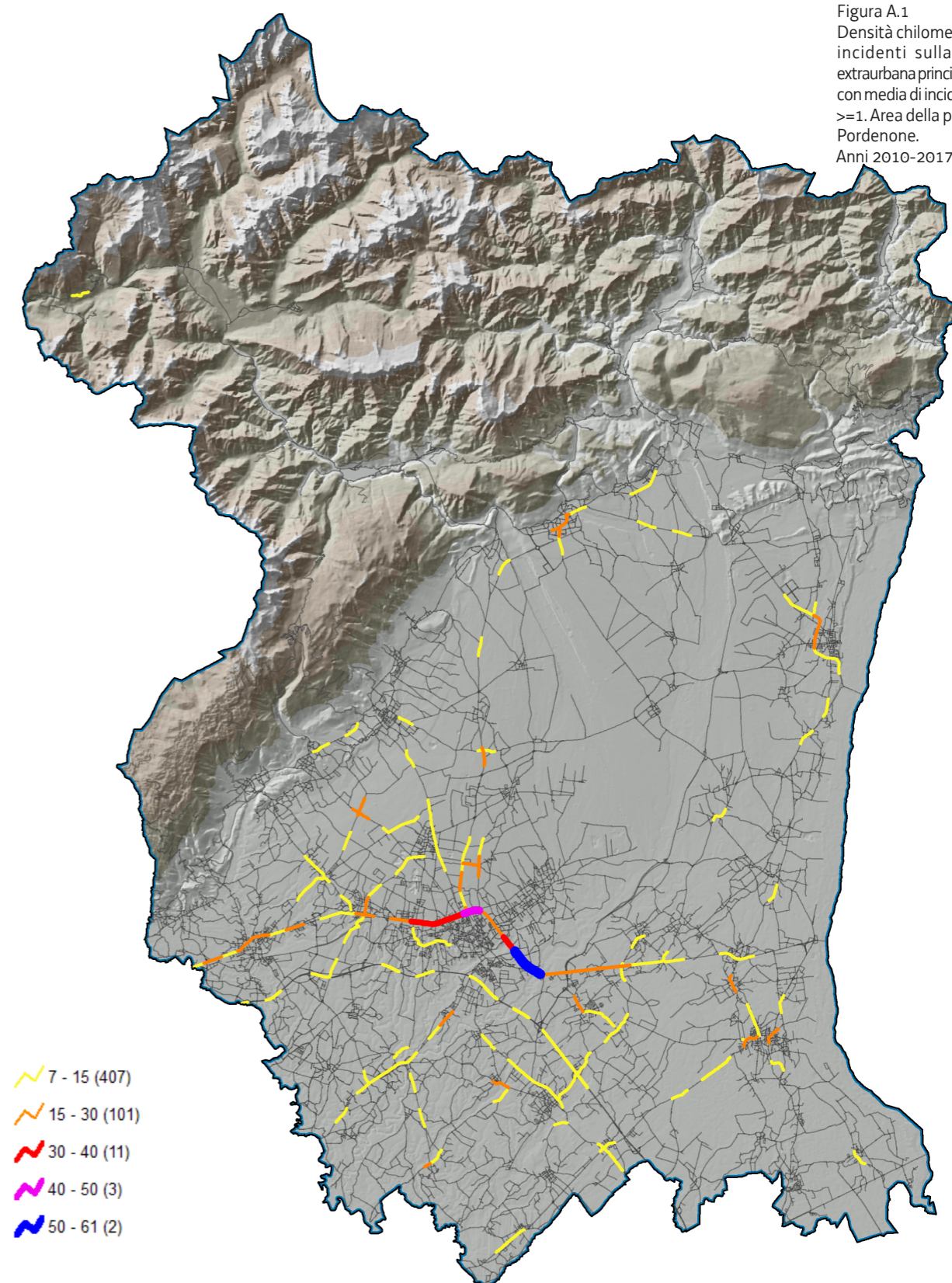
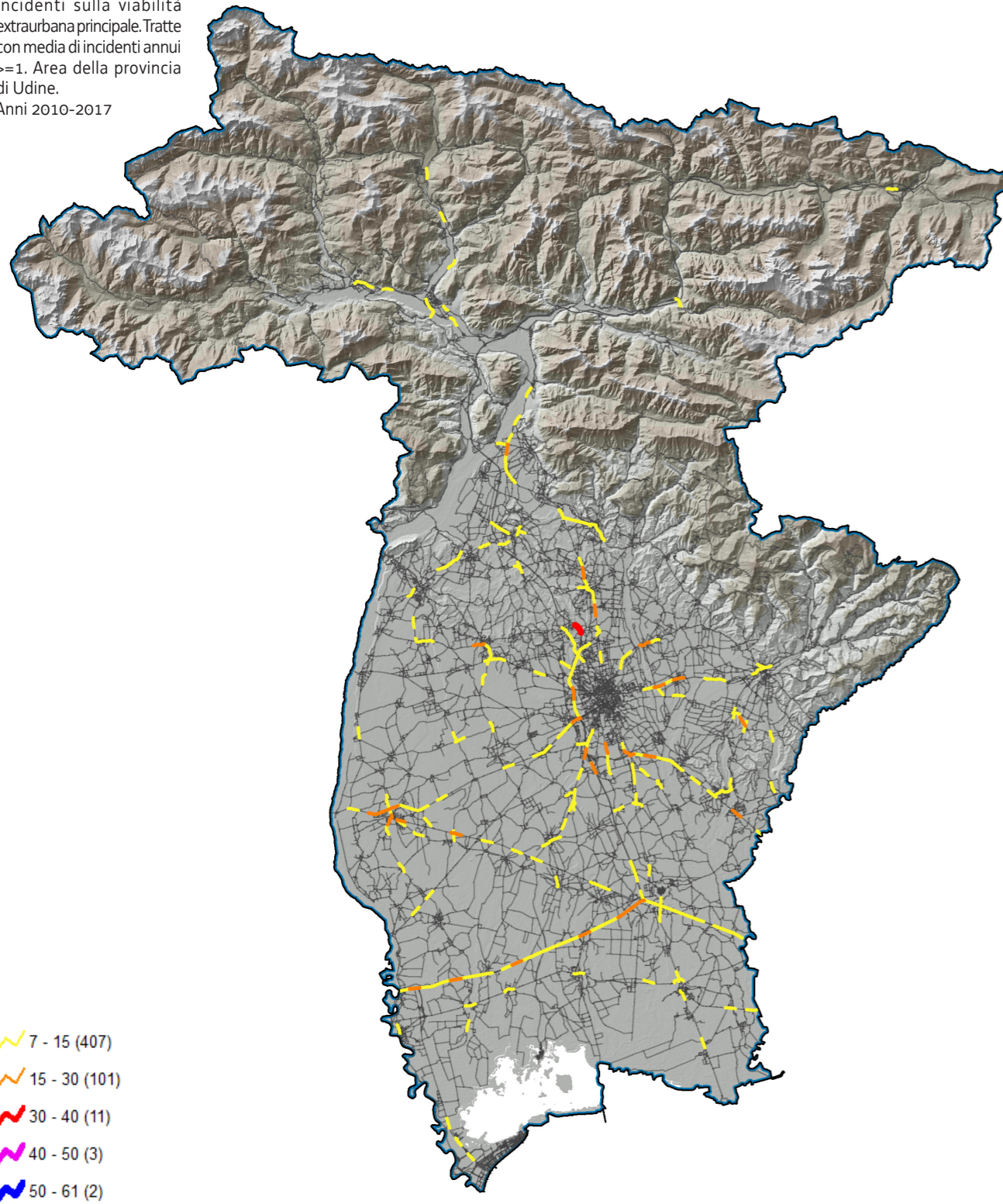


Figura A.1  
Densità chilometrica degli incidenti sulla viabilità extraurbana principale. Tratte con media di incidenti annui  $\geq 1$ . Area della provincia di Pordenone.  
Anni 2010-2017

Fonte: MITRIS

## UDINE

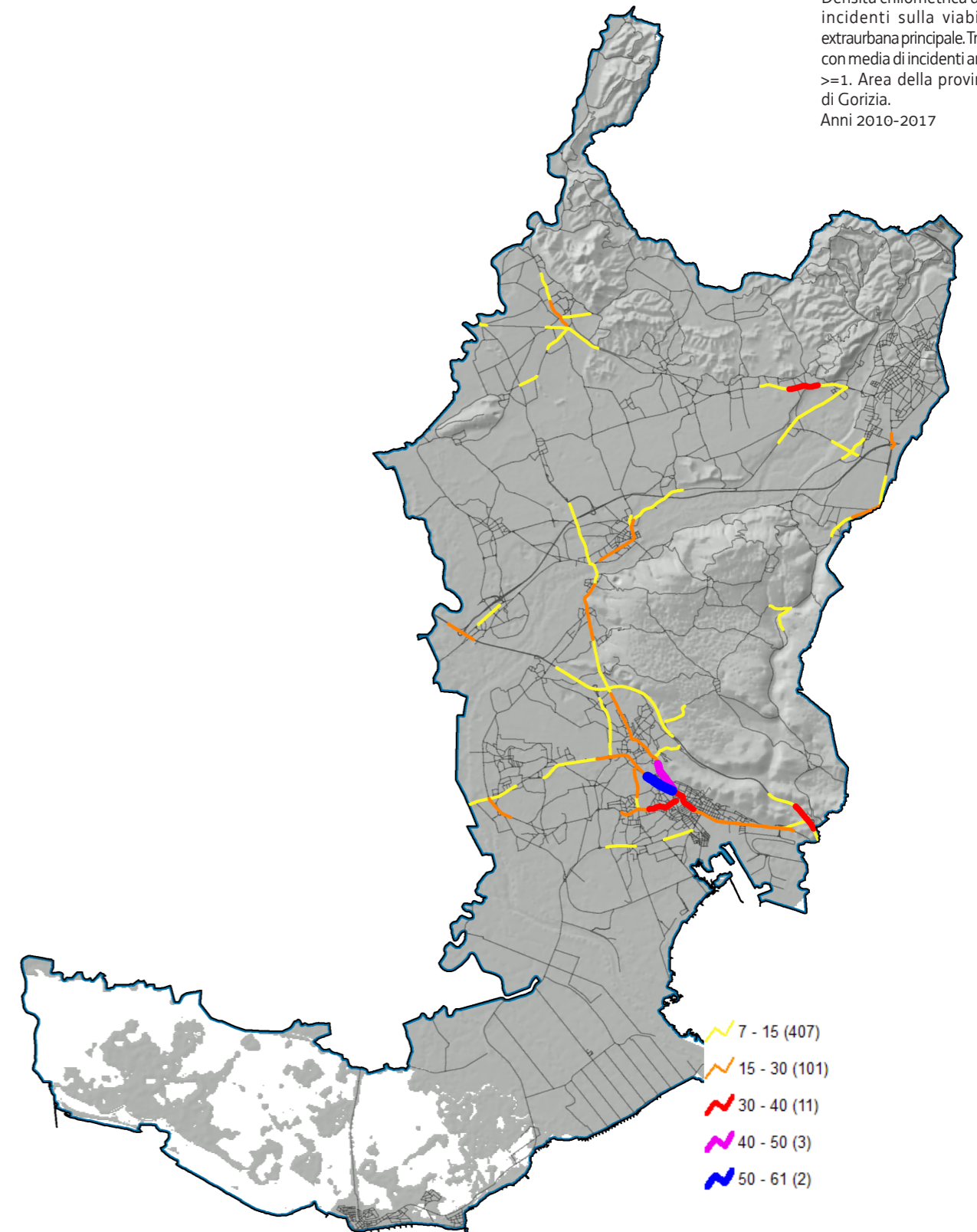
Figura A.2  
Densità chilometrica degli incidenti sulla viabilità extraurbana principale. Tratte con media di incidenti annui  $\geq 1$ . Area della provincia di Udine. Anni 2010-2017



Fonte: MITRIS

## GORIZIA

Figura A.3  
Densità chilometrica degli incidenti sulla viabilità extraurbana principale. Tratte con media di incidenti annui  $\geq 1$ . Area della provincia di Gorizia. Anni 2010-2017

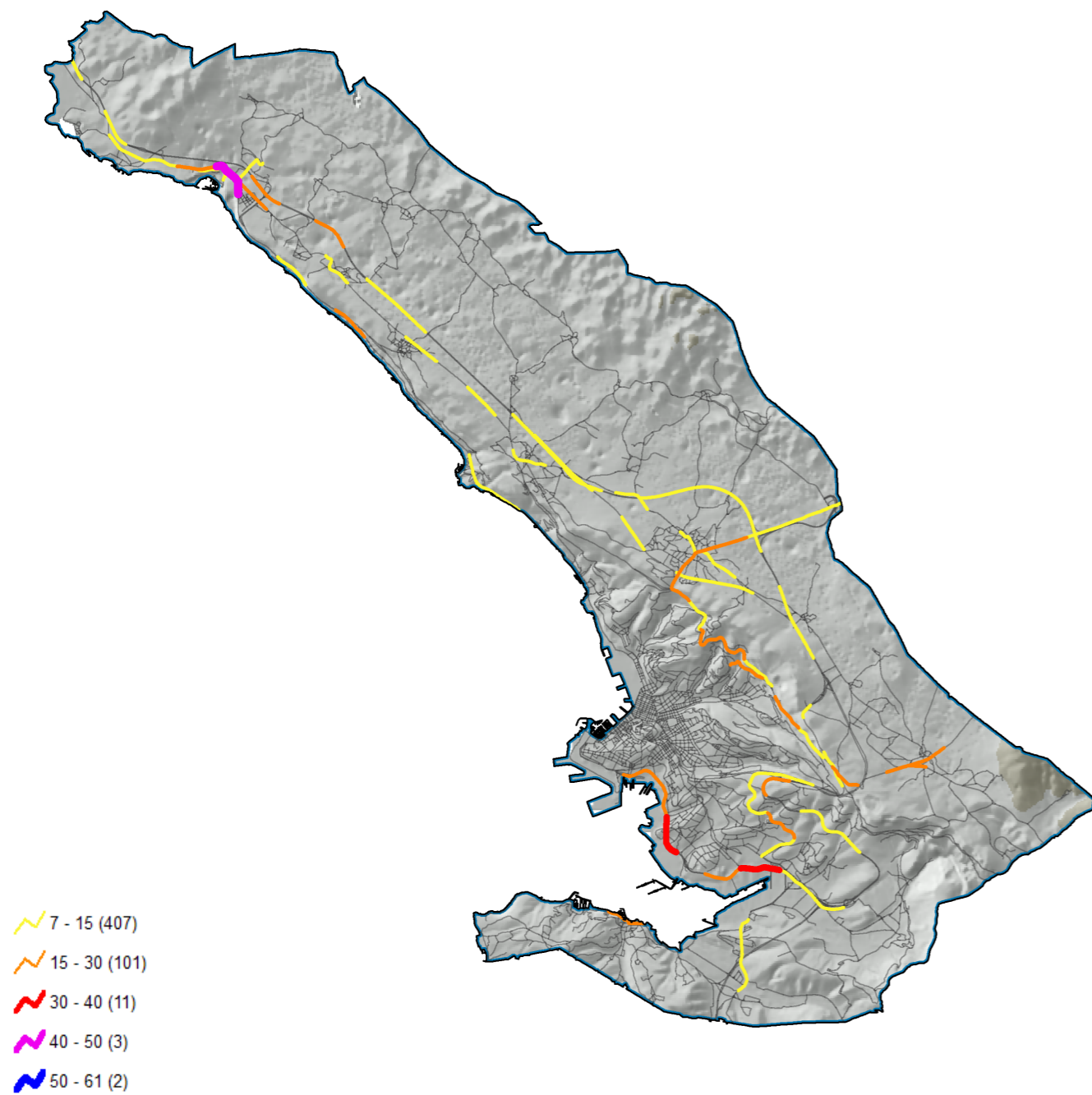


Fonte: MITRIS



## TRIESTE

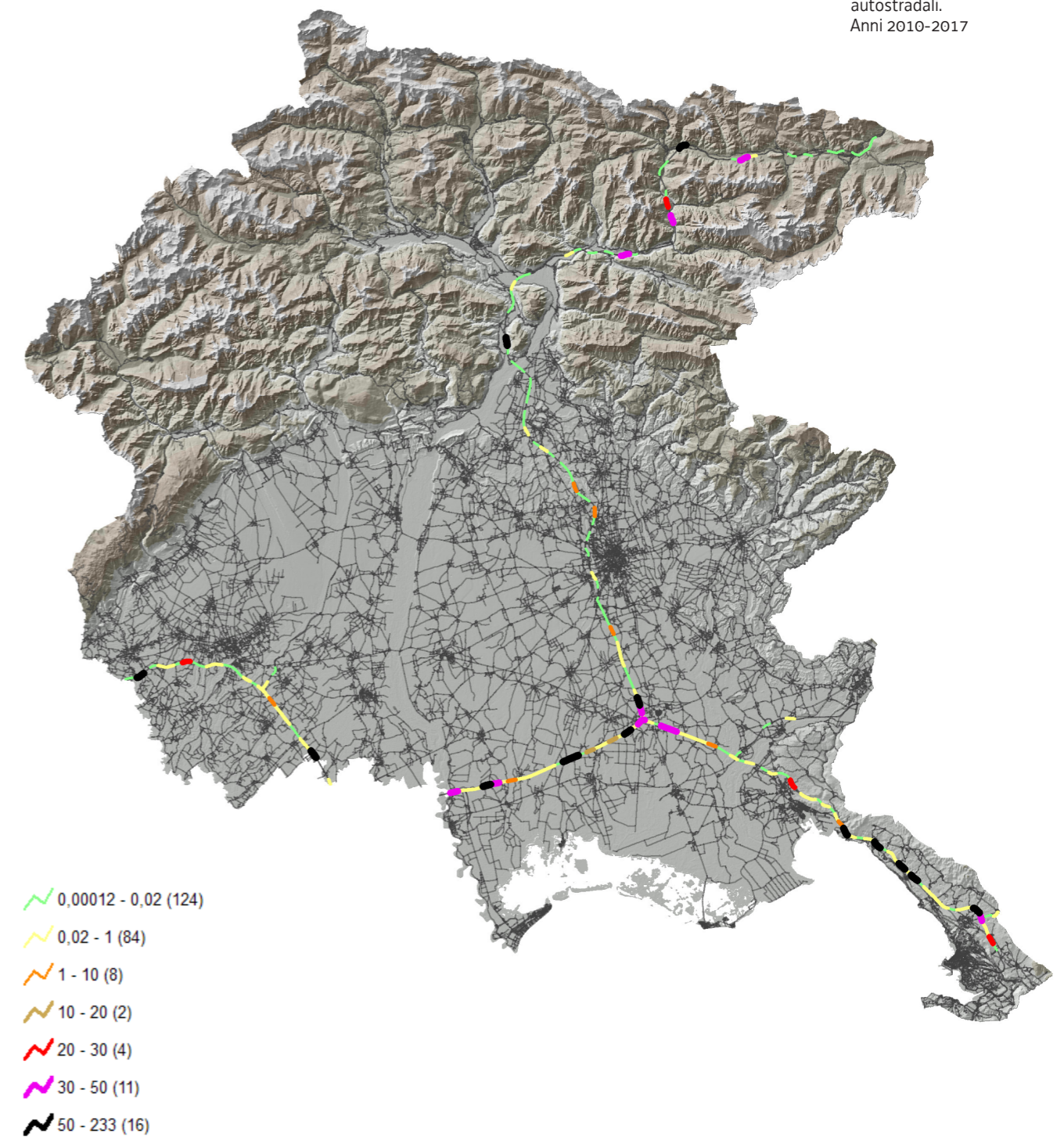
Figura A.4  
Densità chilometrica degli incidenti sulla viabilità extraurbana principale. Tratte con media di incidenti annui  $\geq 1$ . Area della provincia di Trieste.  
Anni 2010-2017



Fonte: MITRIS

## DALY ACCUMULATI AUTOSTRADE E RACCORDI

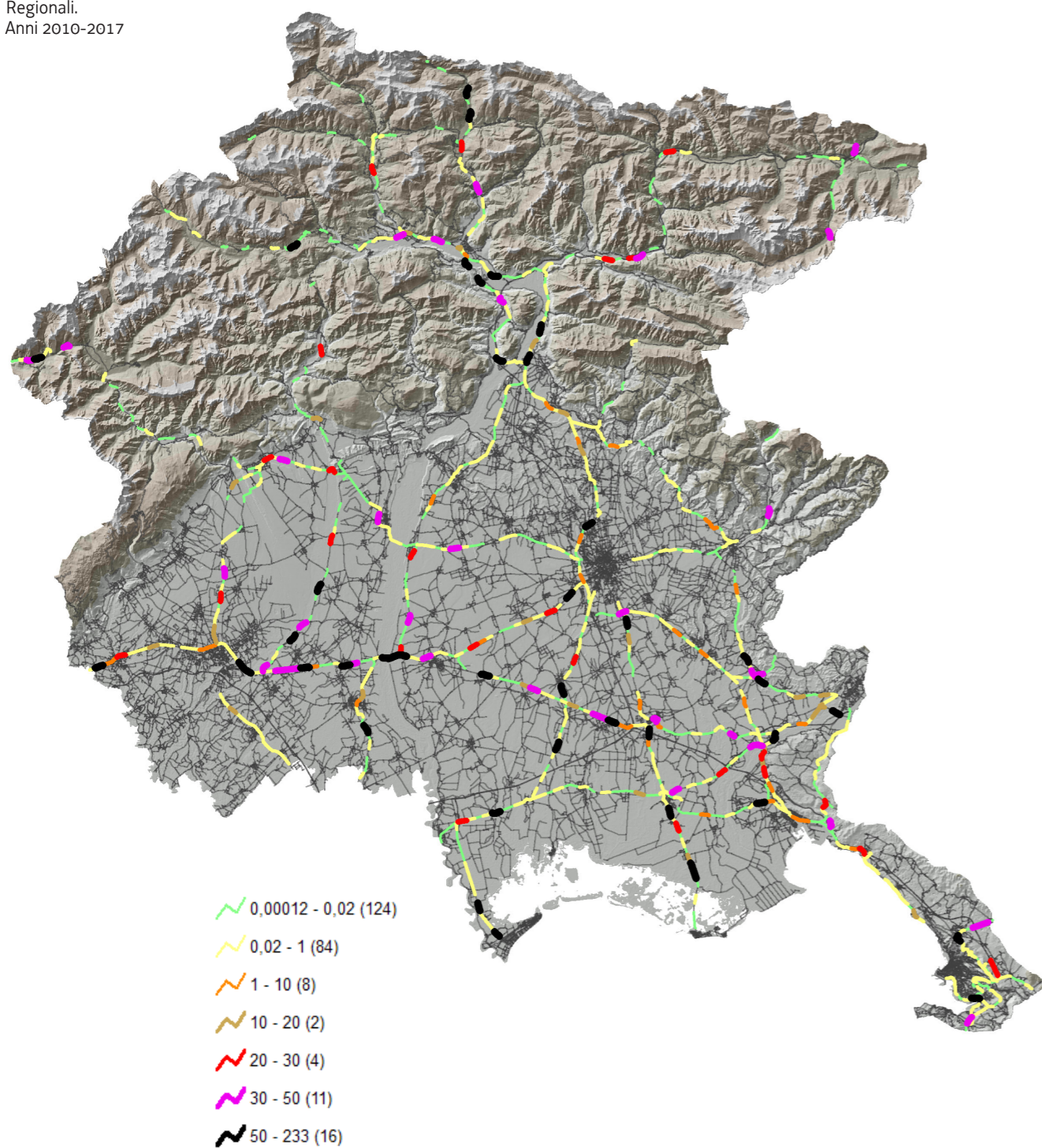
Figura A5  
DALY accumulato per tratta chilometrica sulla viabilità extraurbana principale. Autostrade e Raccordi autostradali.  
Anni 2010-2017



Fonte: MITRIS

## STRADE STATALI E REGIONALI

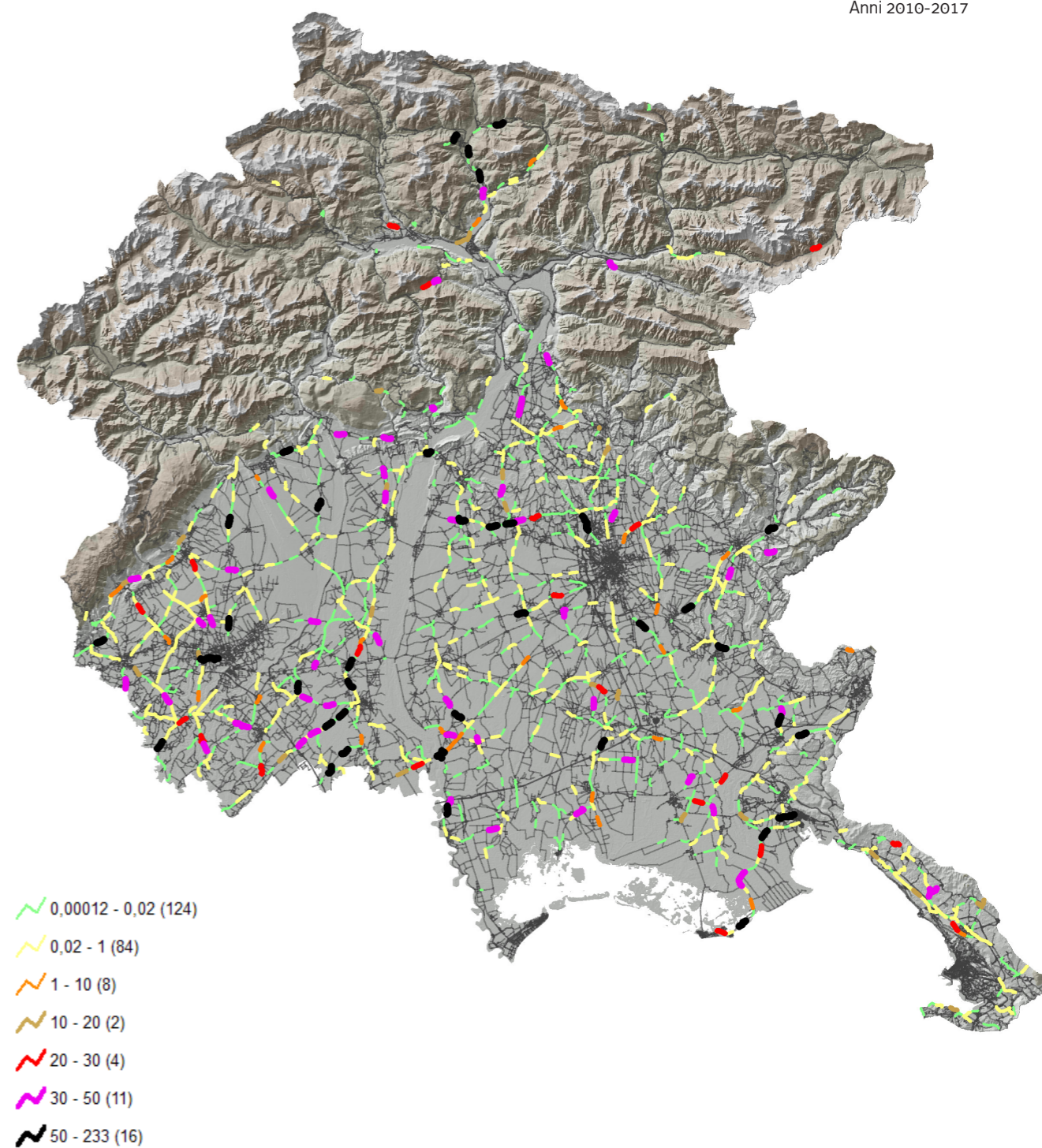
Figura A.6  
DALY accumulato per tratta  
chilometrica sulla viabilità  
extraurbana principale.  
Strade Statali e Strade  
Regionali.  
Anni 2010-2017



Fonte: MITRIS

## EX STRADE PROVINCIALI

Figura A.7  
DALY accumulato per tratta  
chilometrica sulla viabilità  
extraurbana principale. Ex  
Strade Provinciali.  
Anni 2010-2017



Fonte: MITRIS

## CLUSTER ANALYSIS

Basi dati ampie, sia in termini di unità che in termini di variabili, sono difficili da visualizzare e da riassumere. La complessità dei dati richiede una sintesi sia a livello di unità che di variabili. A livello di relazioni tra unità ci si interroga su quali incidenti siano tra di loro simili, quali caratteristiche tendano a ripetersi, e, con incidenti georiferiti, dove si ripetono. A livello di relazioni tra variabili, ci si chiede se esistono legami tra variabili, e di che tipo siano questi legami. Gli incidenti nel weekend accadono più spesso di notte o viceversa? Quali sono i legami più rilevanti?

La cluster analysis, o analisi dei gruppi, è un'analisi che si propone di semplificare l'interpretazione di un fenomeno raggruppando più unità statistiche in base alle loro caratteristiche in gruppi omogenei (o cluster). Ciò permette sia di semplificare le relazioni tra unità, riassunte in un numero di gruppi

limitato, sia le relazioni tra variabili, evidenziando le variabili in base ai quali i gruppi sono costituiti, e che quindi sono quelle con maggiore variabilità, che meglio rappresentano la varietà del fenomeno. La localizzazione dei dati permette di rappresentarli su mappa permettendo l'evidenziazione di pattern spaziali.

Una caratteristica fondamentale della cluster analysis è di non sapere a priori se le unità oggetto dell'analisi siano effettivamente raggruppabili in modo sensato, in quanti gruppi e con quali caratteristiche. Per fenomeni così complessi come gli incidenti stradali, in cui interagiscono numerose variabili, è necessario catturare le interazioni tra variabili e le similitudini tra unità senza schemi predefiniti e considerando le variabili nella loro totalità, passando dall'analisi univariata all'analisi multivariata.

Nome variabile	Tipo variabile	Descrizione
Notte	sì/no	Sì se l'incidente è accaduto tra le 22.00 e le 6.00
Weekend	sì/no	Sì se l'incidente è accaduto di sabato o domenica
Urbana	sì/no	Sì se l'incidente è accaduto su una strada entro l'abitato
Intersezione	sì/no	Sì se l'incidente è accaduto presso un'intersezione
DALY grave	sì/no	Sì se i DALY persi nell'incidente sono pari almeno ad un anno intero
Veicoli	numero intero	Numero di veicoli coinvolti nell'incidente
Feriti	numero intero	Numero di persone rimaste feriti nell'incidente
Morti	numero intero	Numero di persone morte entro 30 giorni dall'incidente
Pedoni	numero intero	Numero di pedoni coinvolti nell'incidente
Auto	numero intero	Numero di automobili coinvolti nell'incidente
Bici	numero intero	Numero di biciclette coinvolti nell'incidente
Moto	numero intero	Numero di motoveicoli (inclusi ciclomotori coinvolti nell'incidente)
Camion	numero intero	Numero di mezzi pesanti (inclusi autobus) coinvolti nell'incidente

Nel selezionare le variabili in base alle quali eseguire la cluster analysis si sono considerate varie caratteristiche delle variabili stesse. In particolare, sono state escluse le variabili con un'alta percentuale di dati mancanti, quelle con distribuzioni fortemente sbilanciate verso una modalità sola (ad esclusione della variabile "Morti"), variabili non legate alla gravità dell'incidente (es. organo rilevatore).

Le variabili sono rappresentate come percentuali di frequenza della modalità "sì" nel caso di variabili binarie e come medie nel caso di variabili numeriche.

La cluster analysis è un insieme di tecniche che permette di raggruppare le unità di un insieme di dati in gruppi omogenei sulla base delle caratteristiche delle unità stesse, senza una classificazione a priori che potrebbe essere basata su schemi concettuali non necessariamente aderenti alla realtà. La possibilità di analizzare i dati senza ricondursi a categorie specificate a priori permette maggiore flessibilità e una migliore analisi di come il contesto impatti sui dati - ad esempio, variabili importanti per la classificazione in un'area urbana possono essere di scarso interesse in un'altra area urbana. Le unità vengono raggruppate in base ad un criterio matematico di distanza tra le unità. La funzione che misura la distanza tra unità viene scelta in base alle caratteristiche della base dati, in questo caso, trattandosi di un mix di variabili numeriche e di variabili binarie, è stata scelta la distanza di Gower. Le analisi svolte si sono avvalse di algoritmi di clustering non gerarchico (Partitioning around medoids), cioè di metodi che suddividono l'insieme degli incidenti in un numero predeterminato k di gruppi. Il numero di

gruppi in cui suddividere l'insieme delle unità è stato individuato tramite opportuni indici di qualità (indice di Dunn e larghezza silhouette). L'analisi è stata svolta con l'ausilio dell'ambiente di sviluppo statistico R, che offre grande varietà e flessibilità di soluzioni.

Nella seguente sezione si presentano i risultati della cluster analysis nelle quattro aree urbane corrispondenti ai comuni di Pordenone, Udine, Gorizia e Trieste,, 6.818 incidenti georiferiti corrispondenti ai quattro comuni con più incidenti presenti nel sistema Mitris.

La cluster analysis è stata svolta sulle sole caratteristiche dell'incidente, proiettando i risultati nello spazio, in quanto a causa della grande eterogeneità delle città si è ritenuto poco sensato ritenere presente una correlazione spaziale tra unità (cioè una similitudine tra incidenti accaduti a poca distanza). Un incidente accaduto su una grande arteria cittadina e un incidente localizzato in una strada secondaria a 200 metri di distanza sono, infatti, notevolmente diversi.

Tabella A.2  
Variabili utilizzate nella cluster analysis degli incidenti accaduti nelle principali aree urbane del FVG.  
Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

# PORDENONE

## PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI CLUSTER

Tabella A.3  
Principali caratteristiche dei cluster individuati relativamente agli incidenti georiferiti accaduti nel comune di Pordenone. Anni 2010-2016

Cluster	Notte	Weekend	Urbana	Intersezioni	DALY grave	Veicoli	Feriti	Morti	Pedoni	Auto	Bici	Moto	Camion
1	9,85	25,76	85,61	65,15	1,52	1,91	1,08	0,01	0,01	0,83	0,02	<b>1,00</b>	0,06
2	6,90	22,76	82,07	<b>100,00</b>	0,00	2,06	1,60	0,00	0,01	1,89	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,17
3	5,35	17,70	81,48	<b>0,00</b>	0,41	2,20	1,53	0,00	0,00	2,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,20
4	2,63	13,16	88,60	<b>100,00</b>	0,00	2,01	1,00	0,01	0,00	0,95	<b>1,03</b>	0,00	0,04
5	0,00	18,18	87,88	22,22	1,01	1,00	1,06	0,01	<b>1,07</b>	0,86	0,04	0,02	0,08
6	2,02	13,13	84,85	<b>0,00</b>	1,01	1,86	1,09	0,02	0,00	0,70	<b>1,09</b>	0,06	0,01

Fonte: MITRIS

Nota: dati espressi in percentuale dei valori positivi per le variabili Notte, Weekend, Urbana, Intersezione, DALY grave, valori medi per le altre.

## LEGENDA

Cluster	Num.	Descrizione
●	1	132 Incidenti con motoveicoli
◆	2	145 Incidenti senza biciclette né motoveicoli presso intersezioni
■	3	243 Incidenti senza biciclette né motoveicoli lontano da intersezioni
★	4	114 Incidenti con biciclette presso intersezioni
▼	5	99 Investimenti di pedoni
◆	6	99 Incidenti con biciclette lontano da intersezioni

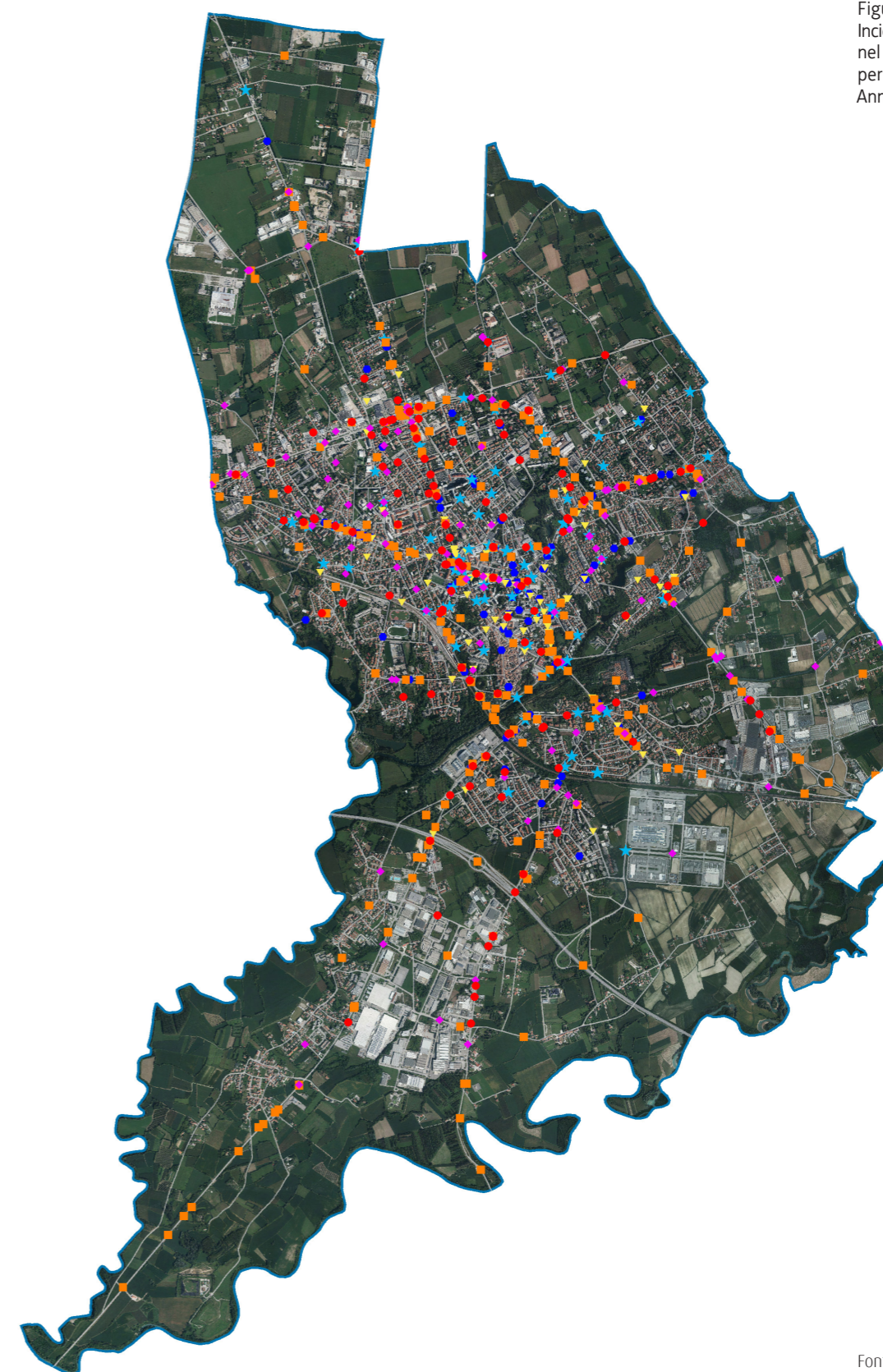


Figura A.8  
Incidenti georiferiti accaduti nel comune di Pordenone, per cluster. Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

## UDINE

## PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI CLUSTER

Tabella A.4  
Principali caratteristiche dei cluster individuati relativamente agli incidenti georiferiti accaduti nel comune di Udine. Anni 2010-2016

Cluster	Notte	Weekend	Urbana	Intersezioni	DALY grave	Veicoli	Feriti	Morti	Pedoni	Auto	Bici	Moto	Camion
1	1,88	<b>0,00</b>	97,37	<b>0,00</b>	0,75	1,06	1,08	0,01	<b>1,08</b>	0,81	0,02	0,03	0,10
2	13,20	<b>100,00</b>	96,40	<b>100,00</b>	0,40	1,88	1,56	0,01	0,09	1,43	0,15	0,20	0,08
3	4,93	<b>0,00</b>	93,46	<b>100,00</b>	0,25	1,90	1,35	0,00	0,14	1,51	<b>0,00</b>	0,24	0,13
4	3,76	<b>0,00</b>	96,71	<b>0,00</b>	0,47	1,91	1,05	0,01	0,00	0,71	<b>1,04</b>	0,04	0,09
5	6,76	<b>0,00</b>	91,16	<b>0,00</b>	1,04	<b>2,05</b>	1,33	0,01	0,00	1,62	<b>0,00</b>	0,26	0,14
6	9,09	<b>100,00</b>	92,66	<b>0,00</b>	1,40	1,67	1,36	0,02	0,24	1,17	0,17	0,19	0,08
7	1,26	<b>0,00</b>	97,49	<b>100,00</b>	0,42	1,97	1,03	0,01	0,01	0,82	<b>1,03</b>	0,03	0,08

Fonte: MITRIS

Nota: dati espressi in percentuale dei valori positivi per le variabili Notte, Weekend, Urbana, Intersezione, DALY grave, valori medi per le altre.

## LEGENDA

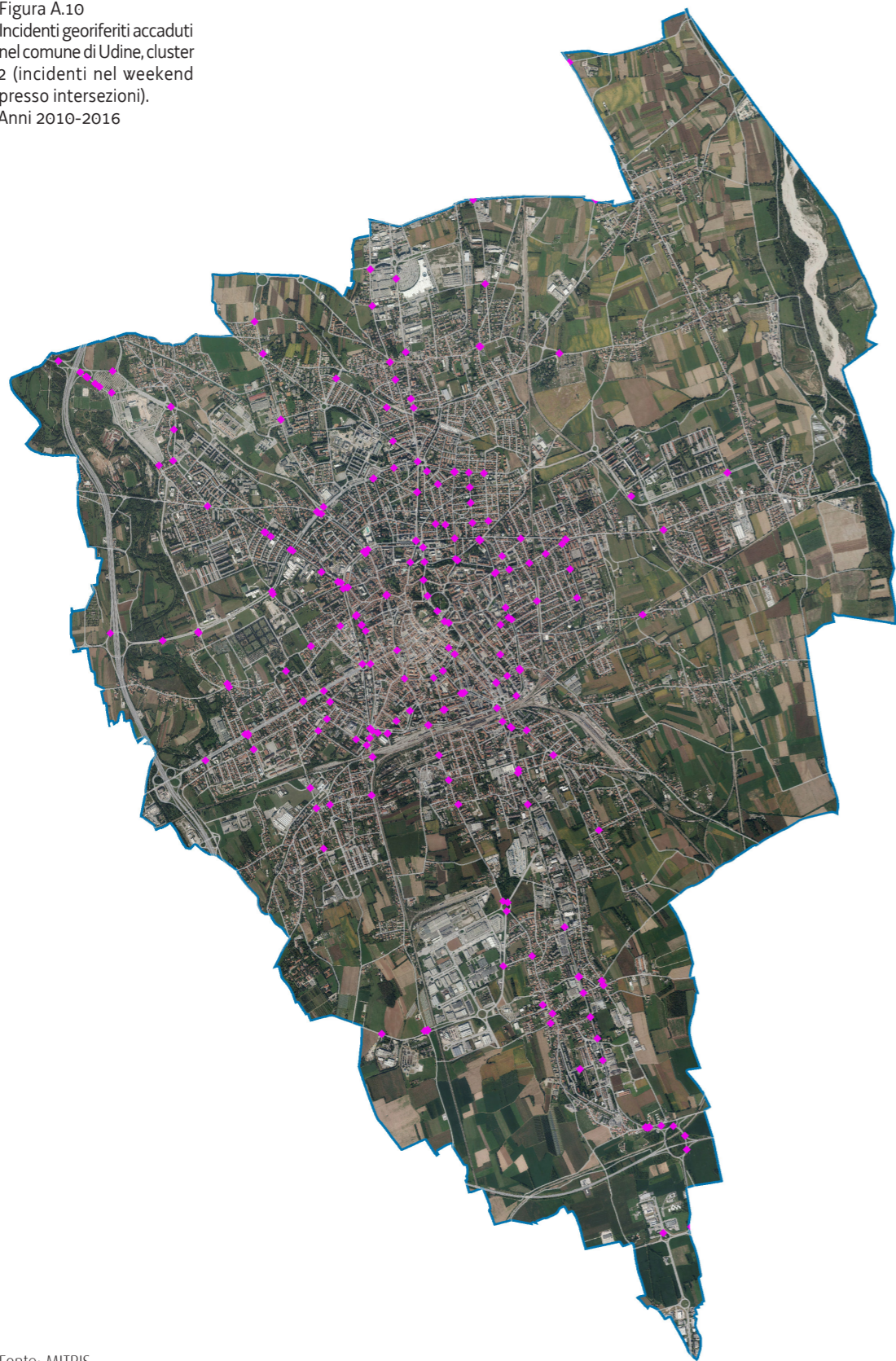
Cluster	Num.	Descrizione
●	1	266 Investimenti di pedoni nei giorni feriali lontano da intersezioni
◆	2	250 Incidenti nel weekend presso intersezioni
■	3	811 Incidenti senza biciclette nei giorni feriali presso intersezioni
★	4	213 Incidenti con biciclette nei giorni feriali lontano da intersezioni
▼	5	577 Scontri tra veicoli nei giorni feriali lontano da intersezioni
◆	6	286 Incidenti nel weekend lontano da intersezioni
▲	7	239 Incidenti con biciclette nei giorni feriali presso intersezioni

Figura A.9  
Incidenti georiferiti accaduti nel comune di Udine, cluster 1 (investimenti di pedoni nei giorni feriali lontano da intersezioni). Anni 2010-2016



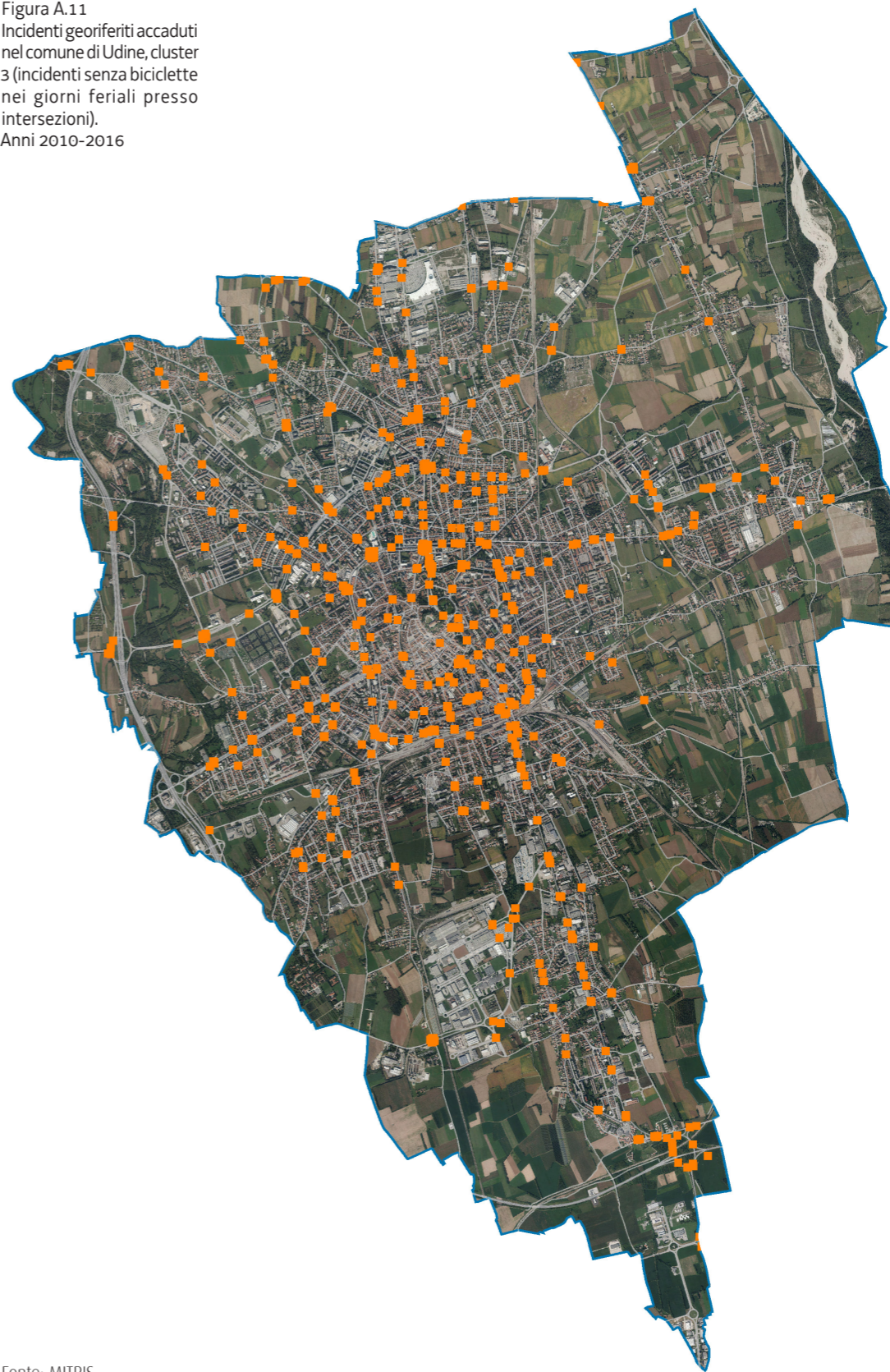
Fonte: MITRIS

Figura A.10  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Udine, cluster  
2 (incidenti nel weekend  
presso intersezioni).  
Anni 2010-2016



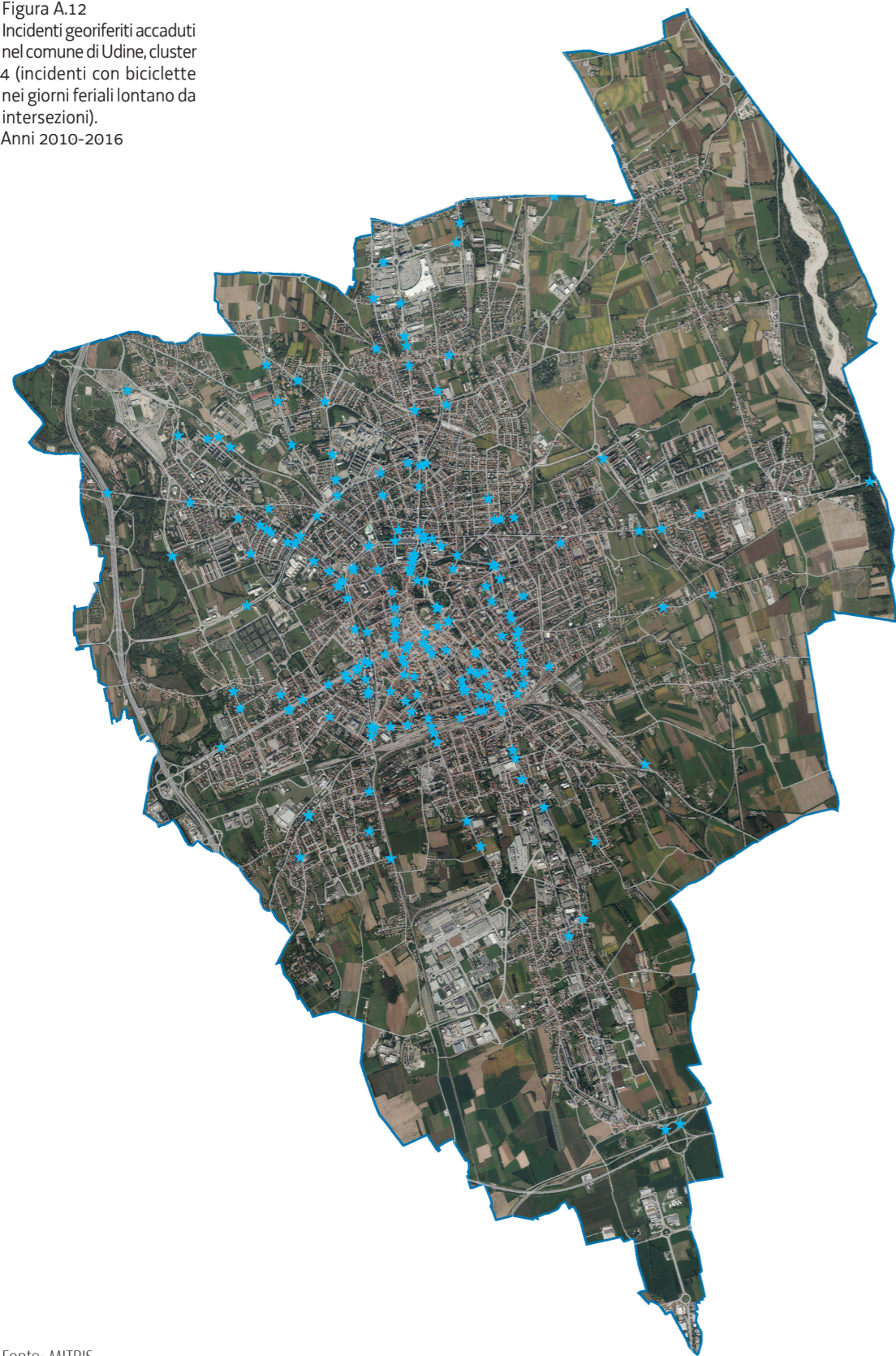
Fonte: MITRIS

Figura A.11  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Udine, cluster  
3 (incidenti senza biciclette  
nei giorni feriali presso  
intersezioni).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Figura A.12  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Udine, cluster  
4 (incidenti con biciclette  
nei giorni feriali lontano da  
intersezioni).  
Anni 2010-2016



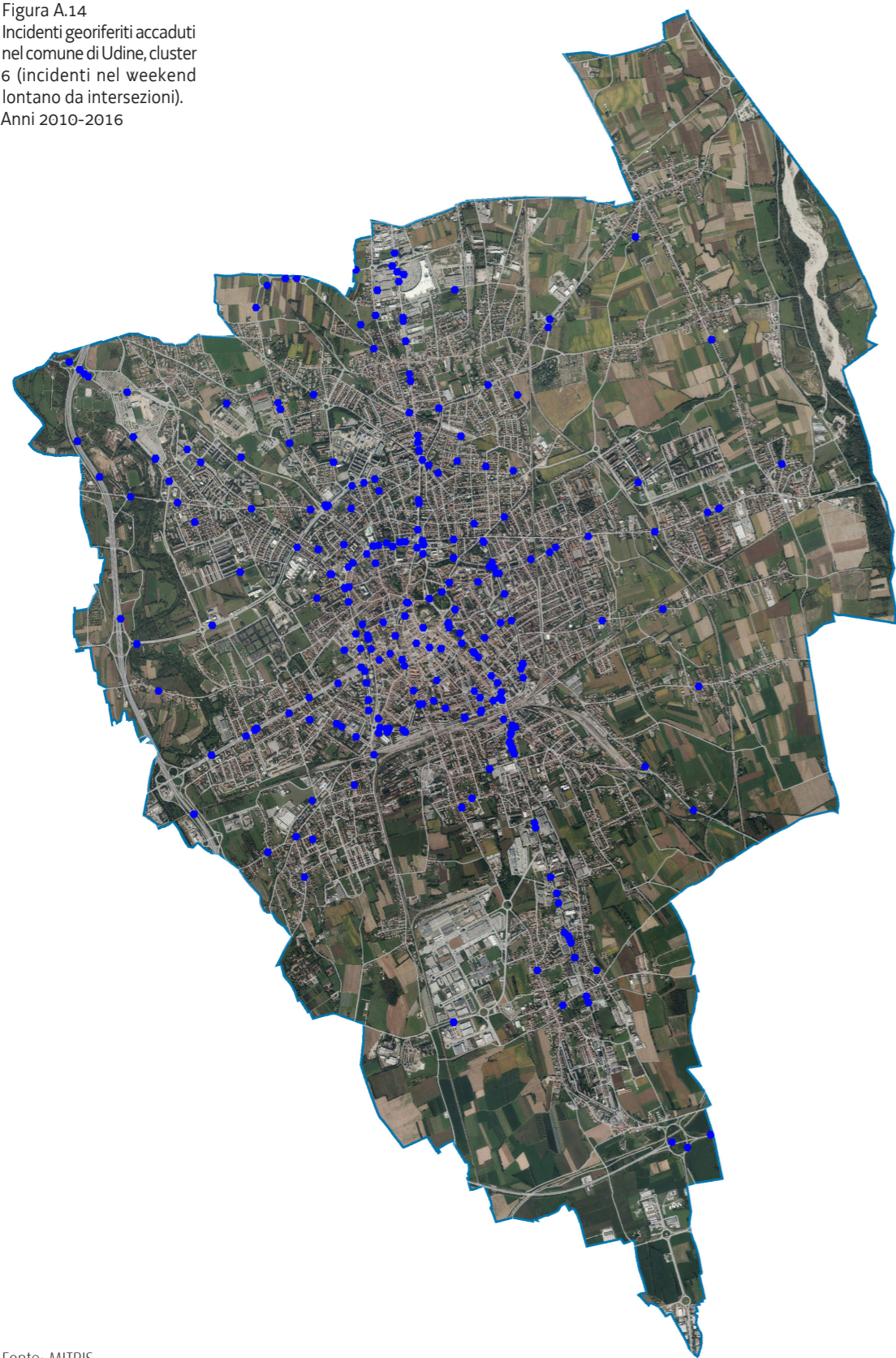
Fonte: MITRIS

Figura A.13  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Udine, cluster  
5 (scontri tra veicoli nei  
giorni feriali lontano da  
intersezioni).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Figura A.14  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Udine, cluster  
6 (incidenti nel weekend  
lontano da intersezioni).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Figura A.15  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Udine, cluster  
7 (incidenti con biciclette  
nei giorni feriali presso  
intersezioni).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS



## GORIZIA

## PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI CLUSTER

Tabella A.5  
Principali caratteristiche dei cluster individuati relativamente agli incidenti georiferiti accaduti nel comune di Gorizia. Anni 2010-2016

Cluster	Notte	Weekend	Urbana	Intersezioni	DALY grave	Veicoli	Feriti	Morti	Pedoni	Auto	Bici	Moto	Camion
1	5,36	<b>100,00</b>	92,86	<b>100,00</b>	1,79	1,93	1,39	0,02	0,18	1,43	0,13	0,29	0,07
2	7,22	<b>0,00</b>	87,63	<b>100,00</b>	1,03	2,04	1,52	0,02	0,00	1,97	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,07
3	7,81	17,19	89,06	25,00	1,56	1,00	1,02	0,02	<b>1,02</b>	0,92	0,02	0,00	0,05
4	0,00	<b>0,00</b>	91,49	<b>100,00</b>	0,00	2,02	1,13	0,00	0,00	0,94	<b>1,02</b>	0,06	0,00
5	0,00	<b>0,00</b>	84,62	<b>100,00</b>	0,00	2,02	1,13	0,00	0,00	0,88	0,00	<b>1,02</b>	0,12
6	31,43	<b>100,00</b>	82,86	<b>0,00</b>	0,00	1,86	1,49	0,00	0,00	1,60	0,06	0,14	0,06
7	0,00	<b>0,00</b>	92,50	<b>0,00</b>	0,00	1,83	1,03	0,00	0,00	0,73	0,03	<b>1,00</b>	0,05
8	6,50	<b>0,00</b>	84,55	<b>0,00</b>	1,63	2,15	1,34	0,02	0,00	1,76	0,25	<b>0,00</b>	0,13

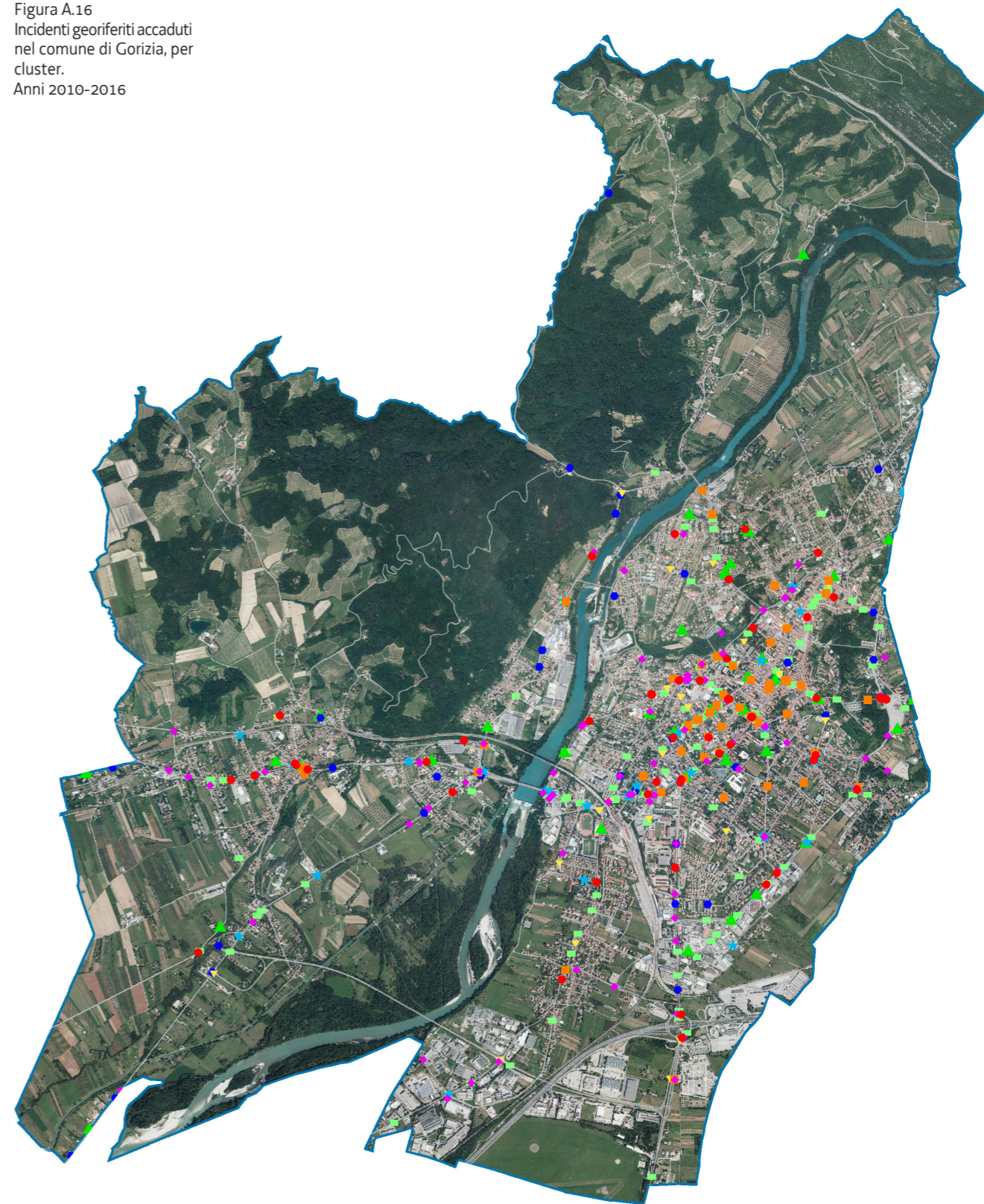
Fonte: MITRIS

Nota: dati espressi in percentuale dei valori positivi per le variabili Notte, Weekend, Urbana, Intersezione, DALY grave, valori medi per le altre.

## LEGENDA

Cluster	Num.	Descrizione
●	1	56 Incidenti nel weekend presso intersezioni
◆	2	97 Incidenti senza biciclette né motoveicoli nei giorni feriali presso intersezioni
■	3	64 Investimenti di pedoni
★	4	47 Incidenti con biciclette nei giorni feriali presso intersezioni
▼	5	52 Incidenti con motoveicoli nei giorni feriali presso intersezioni
◆	6	35 Incidenti nel weekend lontano da intersezioni
▲	7	40 Incidenti con motoveicoli nei giorni feriali lontano da intersezioni
■	8	123 Incidenti senza motoveicoli nei giorni feriali lontano da intersezioni

Figura A.16  
Incidenti georiferiti accaduti nel comune di Gorizia, per cluster. Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

# TRIESTE

## PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI CLUSTER

Tabella A.6  
Principali caratteristiche dei cluster individuati relativamente agli incidenti georiferiti accaduti nel comune di Trieste. Anni 2010-2016

Cluster	Notte	Weekend	Urbana	Intersezioni	DALY grave	Veicoli	Feriti	Morti	Pedoni	Auto	Bici	Moto	Camion
1	14,75	<b>100,00</b>	94,67	<b>100,00</b>	1,23	2,07	1,24	0,00	0,12	1,20	0,03	0,68	0,05
2	10,53	<b>0,00</b>	86,22	<b>0,00</b>	0,25	2,11	1,45	0,02	0,00	1,75	0,07	<b>0,00</b>	0,22
3	6,36	<b>0,00</b>	97,66	<b>100,00</b>	0,26	2,05	1,19	0,00	0,04	1,09	0,03	0,75	0,13
4	4,03	<b>0,00</b>	97,58	25,40	2,22	1,02	1,06	0,02	<b>1,03</b>	0,73	0,01	0,14	0,10
5	16,56	<b>100,00</b>	85,94	<b>0,00</b>	1,25	1,75	1,30	0,01	0,24	1,13	0,06	0,46	0,05
6	7,49	<b>0,00</b>	95,17	<b>0,00</b>	1,00	1,91	1,12	0,01	0,02	0,69	0,00	<b>1,08</b>	0,09

Fonte: MITRIS

Nota: dati espressi in percentuale dei valori positivi per le variabili Notte, Weekend, Urbana, Intersezione, DALY grave, valori medi per le altre.

## LEGENDA

Cluster	Num.	Descrizione
●	1	244 Incidenti nel weekend presso intersezioni
◆	2	399 Incidenti senza motoveicoli nei giorni feriali lontano da intersezioni
■	3	770 Incidenti nei giorni feriali presso intersezioni
★	4	496 Investimenti di pedoni nei giorni feriali
▼	5	320 Incidenti nel weekend lontano da intersezioni
◆	6	601 Incidenti con motoveicoli nei giorni feriali lontano da intersezioni



Figura A.17  
Incidenti georiferiti accaduti nel comune di Trieste, cluster 1 (incidenti nel weekend presso intersezioni). Anni 2010-2016

Fonte: MITRIS

Figura A.18  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Trieste, cluster  
2 (incidenti senza motoveicoli  
nei giorni feriali lontano da  
intersezioni).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Figura A.19  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Trieste, cluster  
3 (incidenti nei giorni feriali  
presso intersezioni).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Figura A.20  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Trieste, cluster  
4 (investimenti di pedoni nei  
giorni feriali).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

Figura A.21  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Trieste, cluster  
5 (incidenti nel weekend  
lontano da intersezioni).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

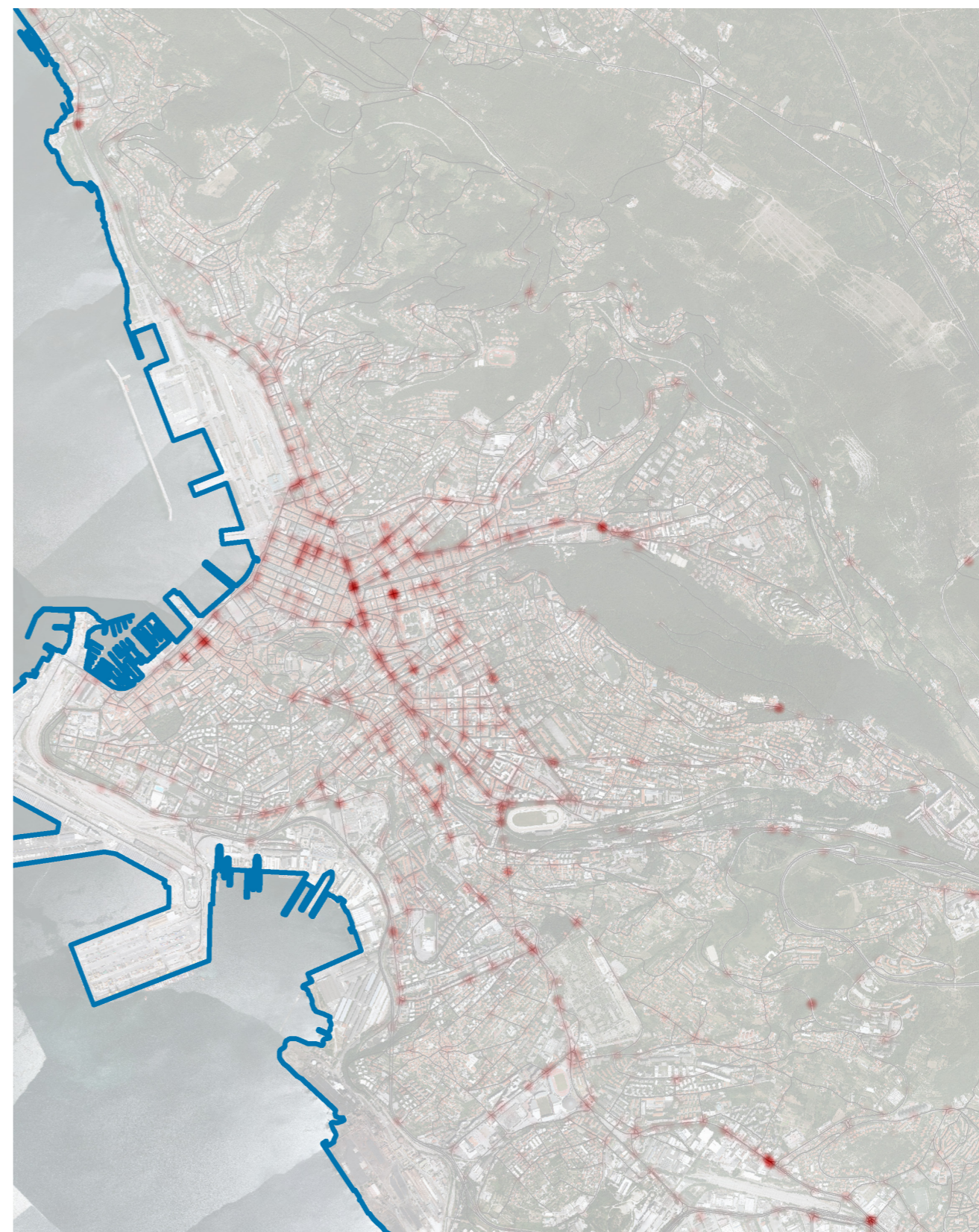
Figura A.22  
Incidenti georiferiti accaduti  
nel comune di Trieste, cluster  
6 (Incidenti con motoveicoli  
nei giorni feriali lontano da  
intersezioni).  
Anni 2010-2016



Fonte: MITRIS

## HEAT MAP - TRIESTE

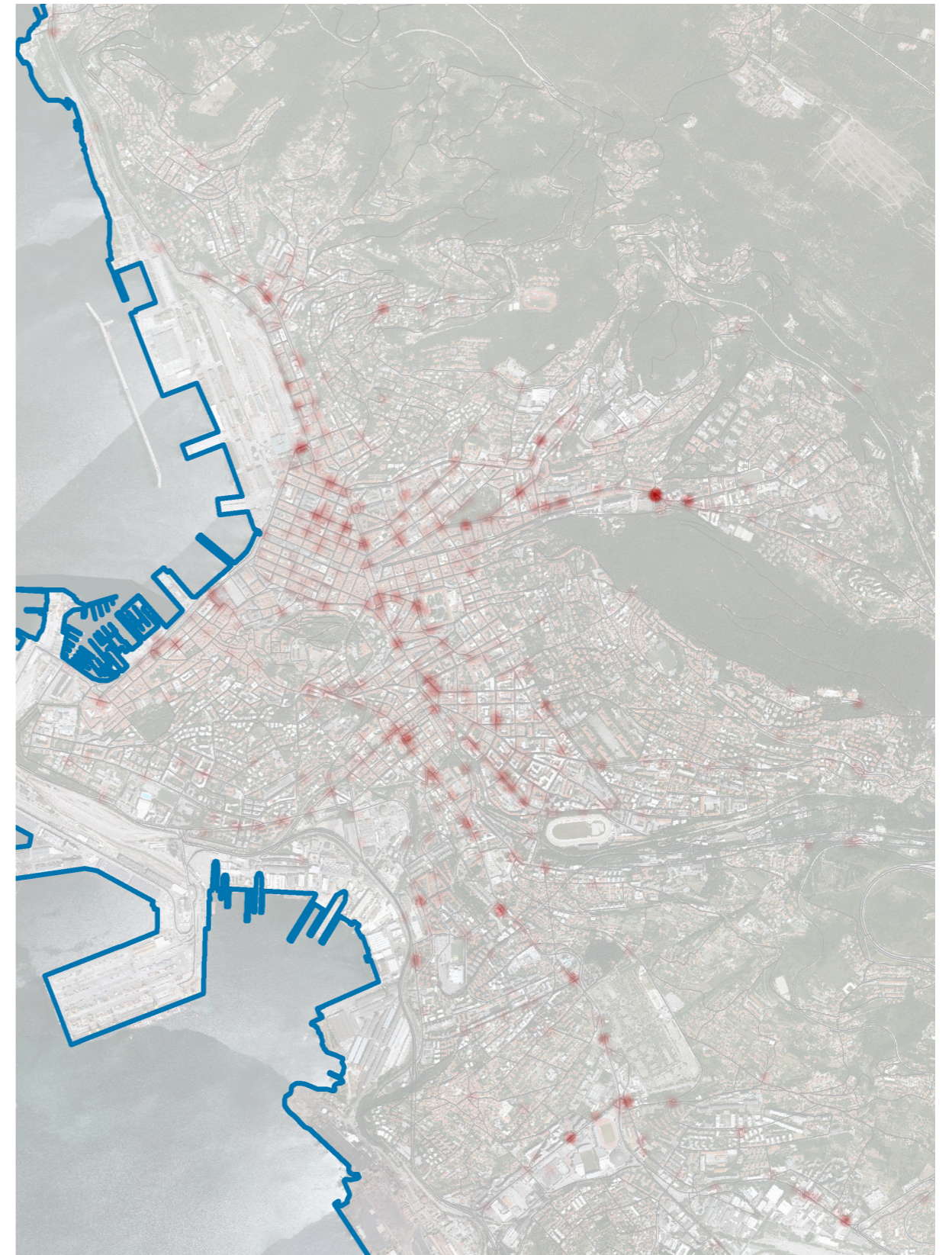
### INCIDENTI COMPLESSIVI



INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE

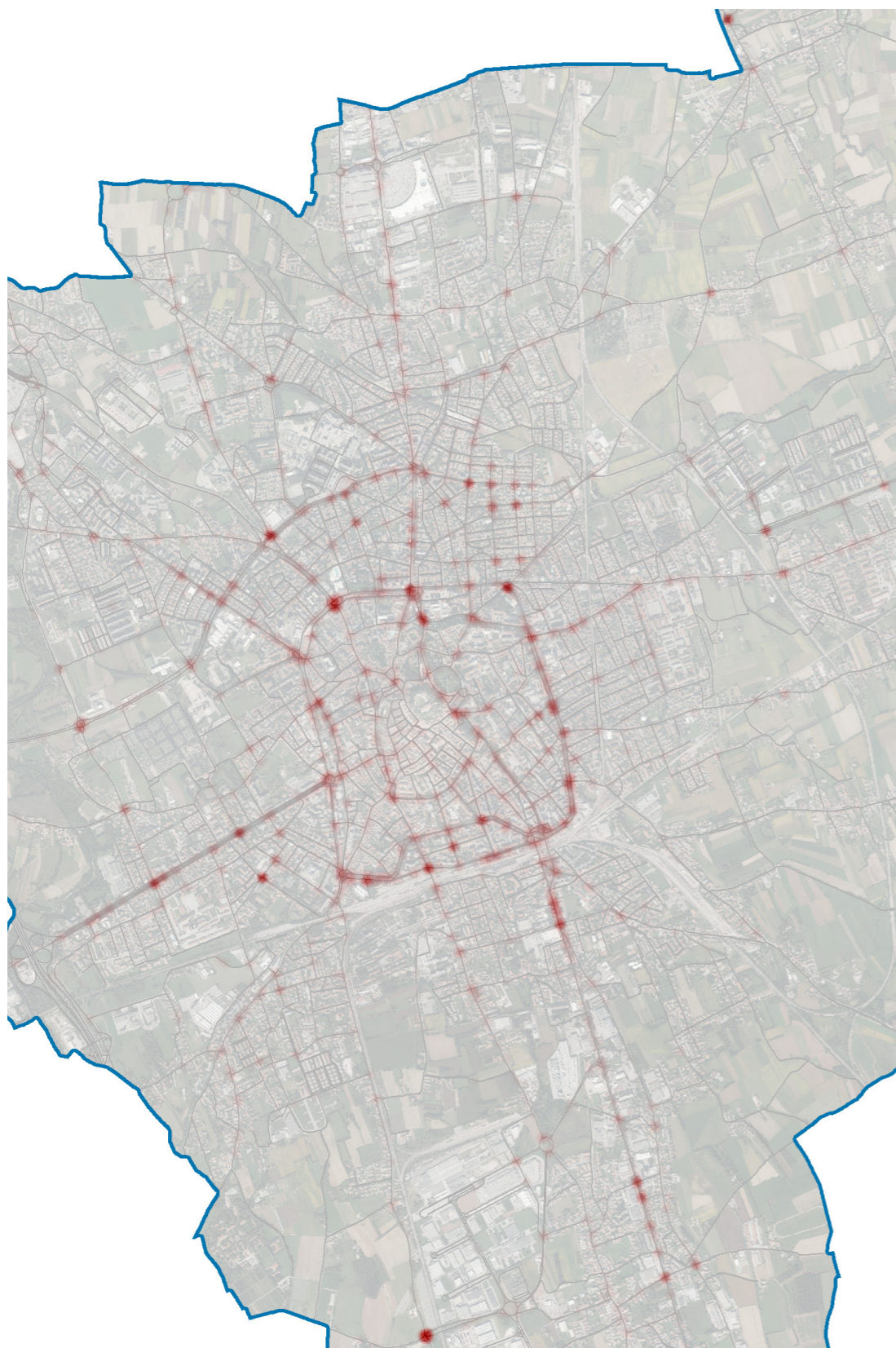


INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI

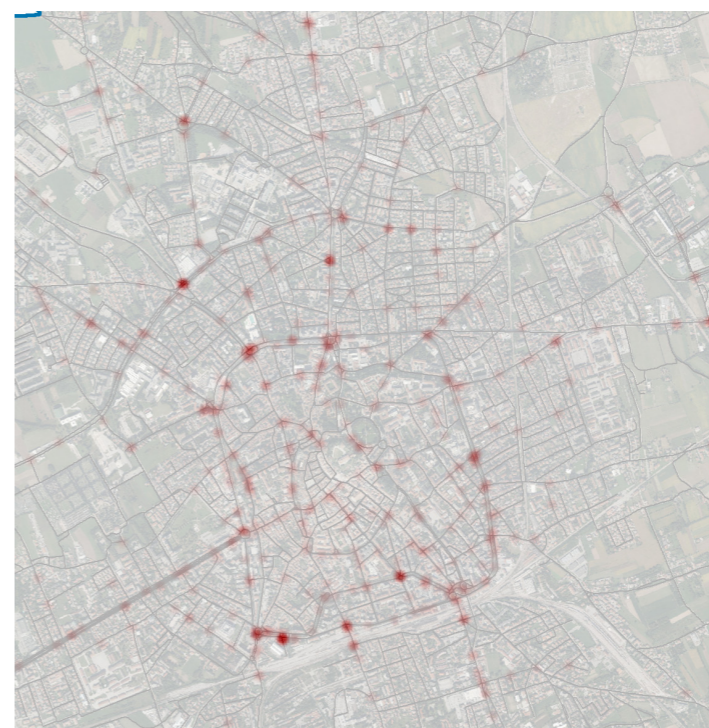


# UDINE

## INCIDENTI COMPLESSIVI



## INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE



## INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI

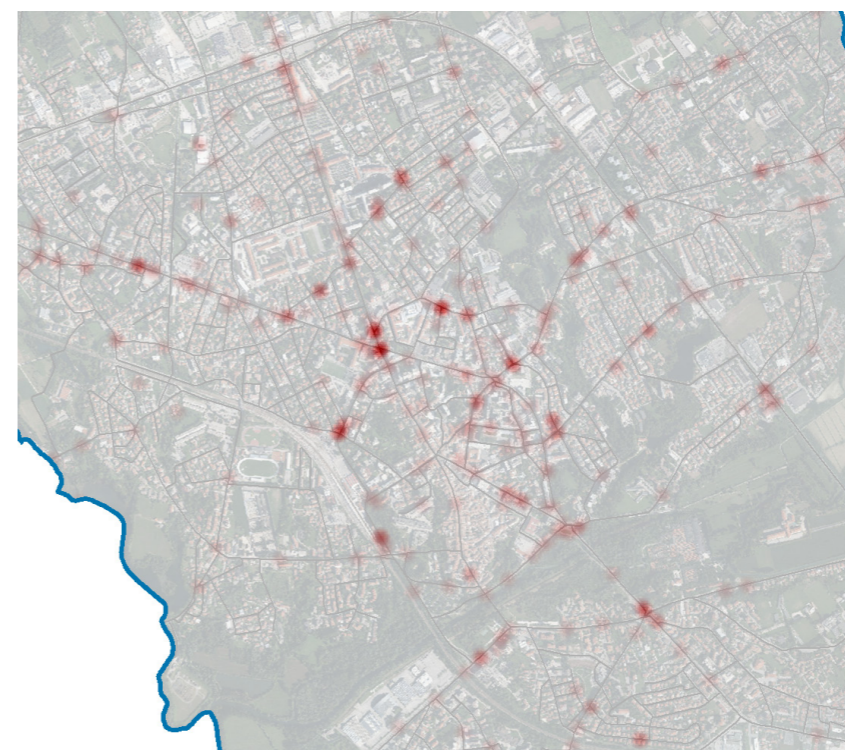


# PORDENONE

INCIDENTI COMPLESSIVI



INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE



INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI





## GORIZIA

### INCIDENTI COMPLESSIVI



### INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE

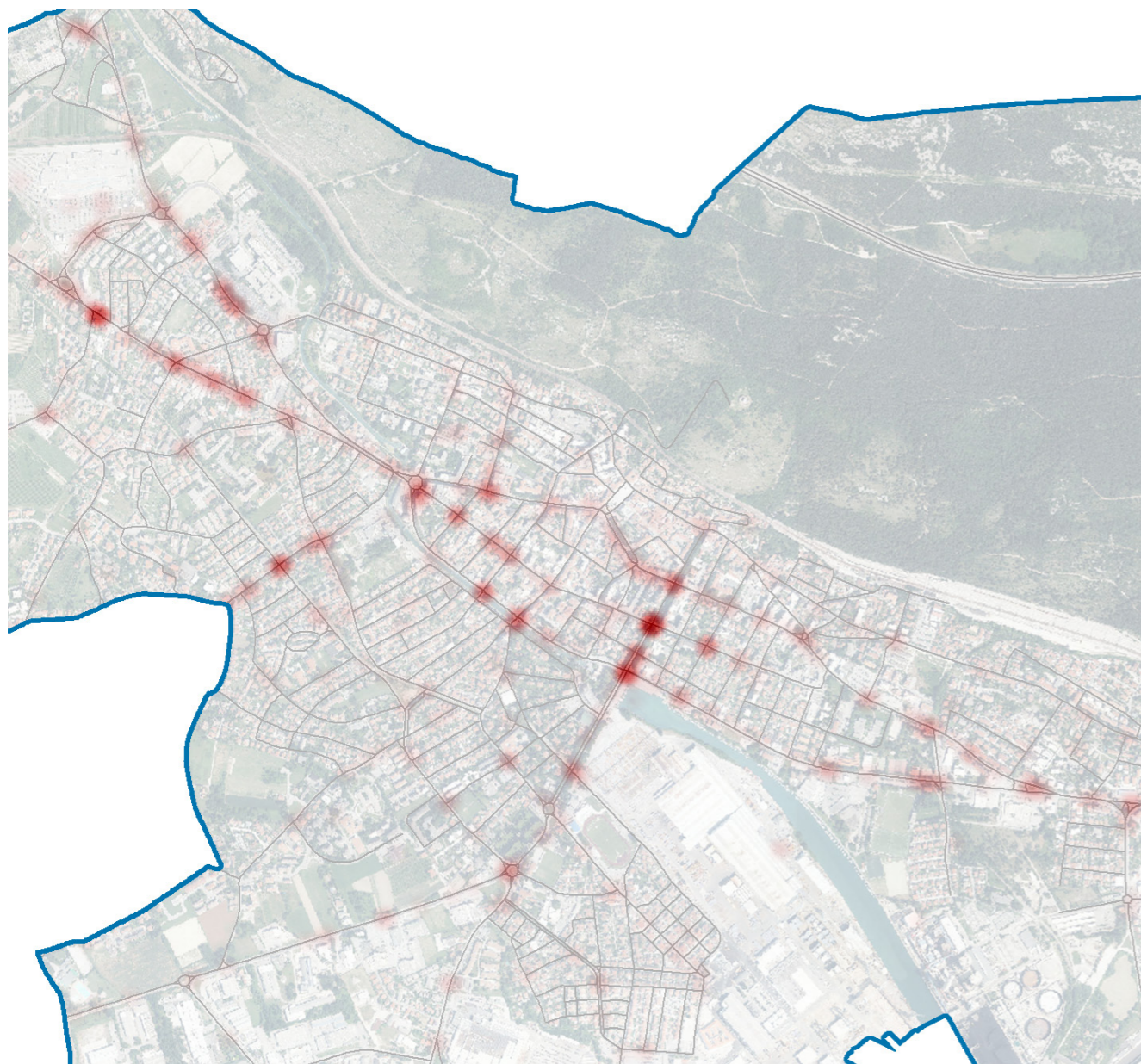


### INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI

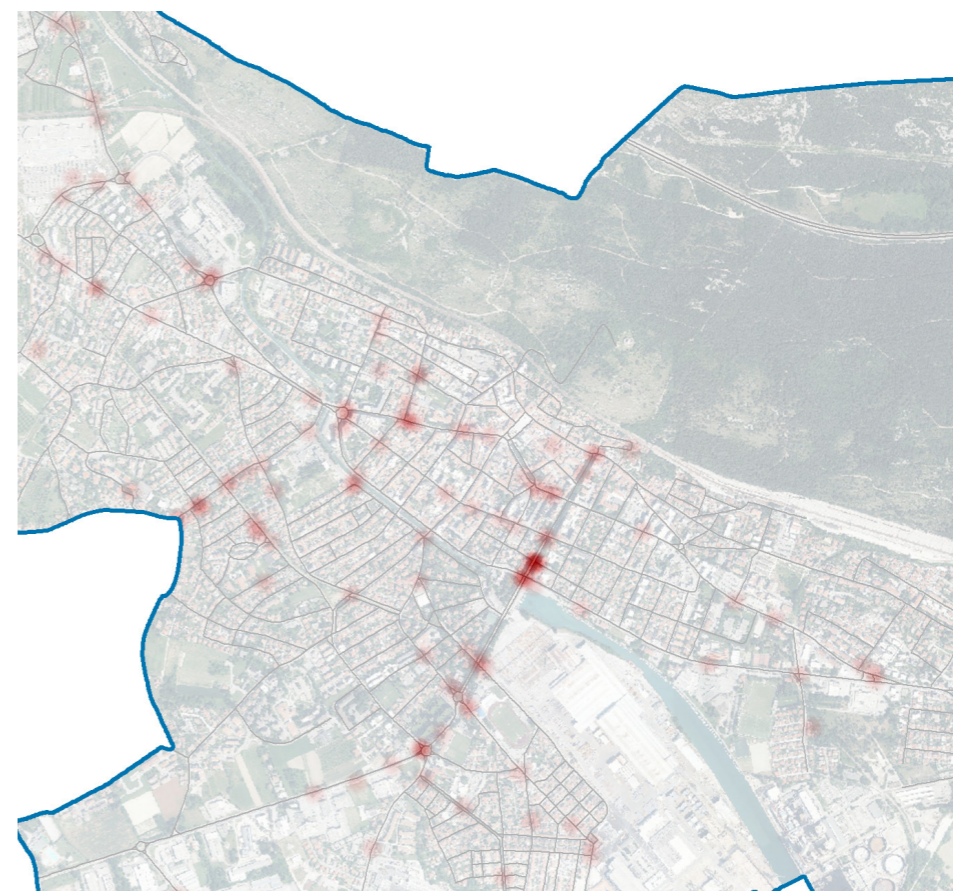


## MONFALCONE

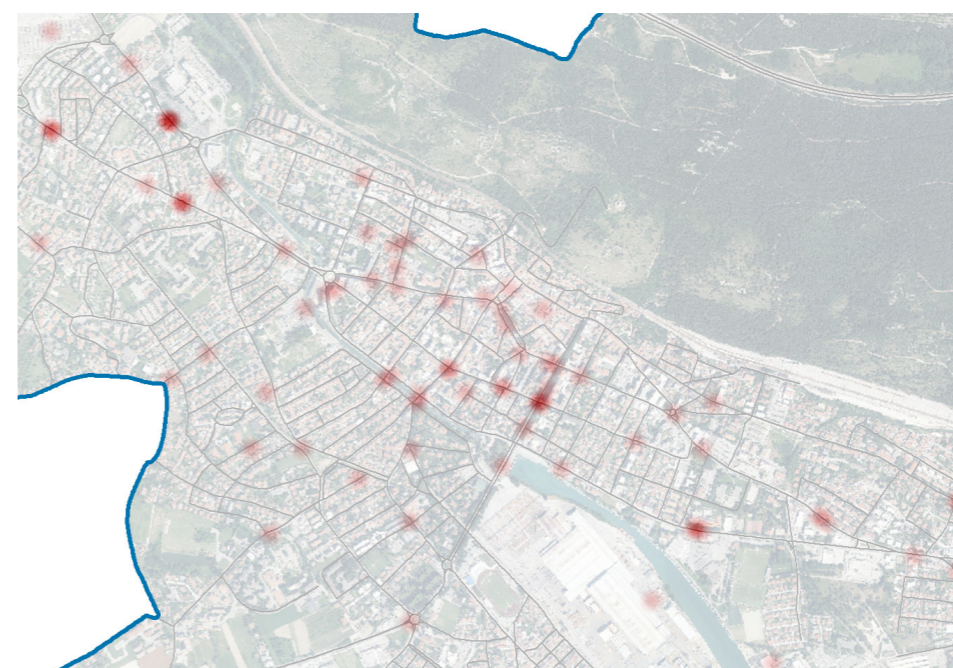
### INCIDENTI COMPLESSIVI



### INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE

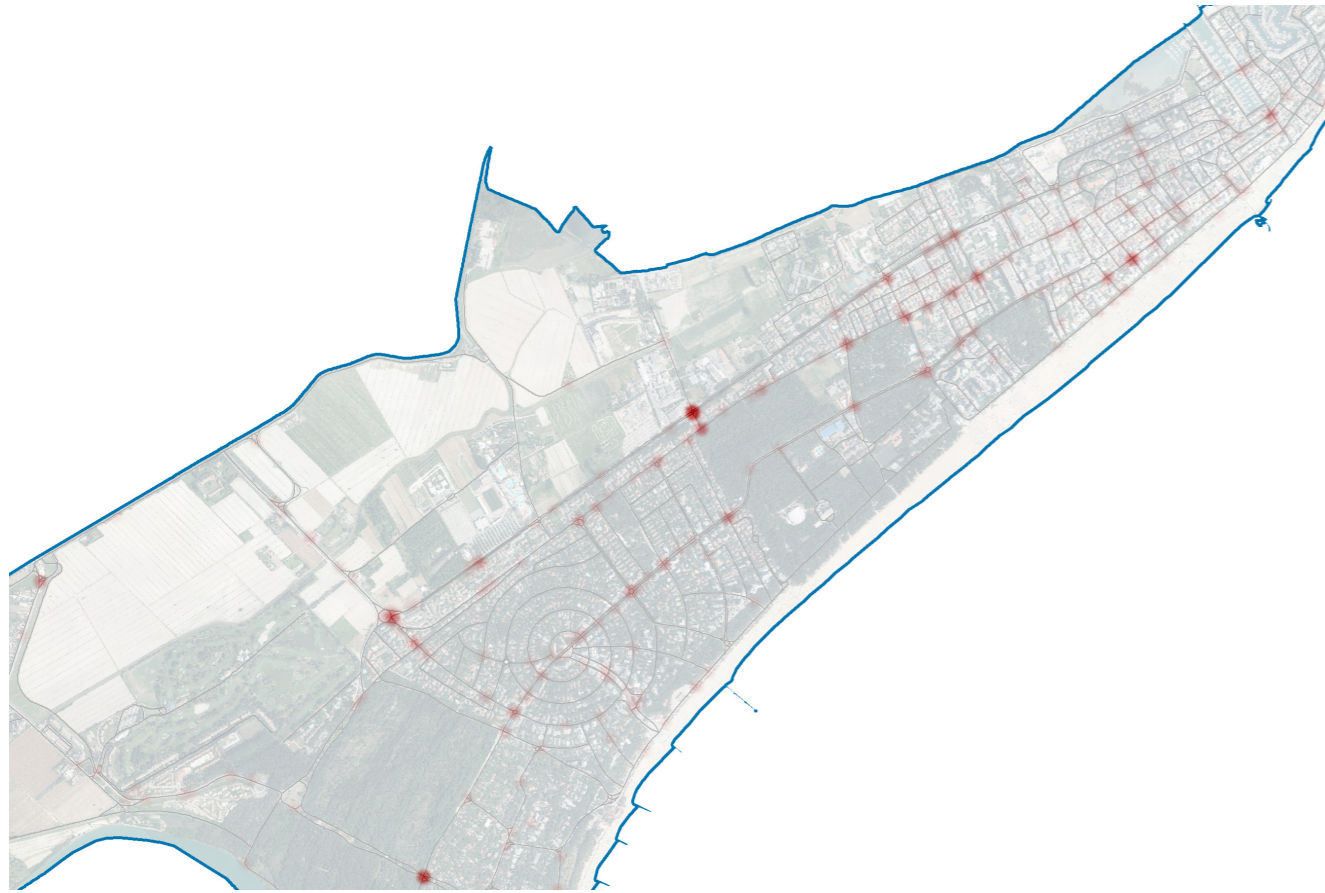


### INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI



## LIGNANO SABBIAADORO

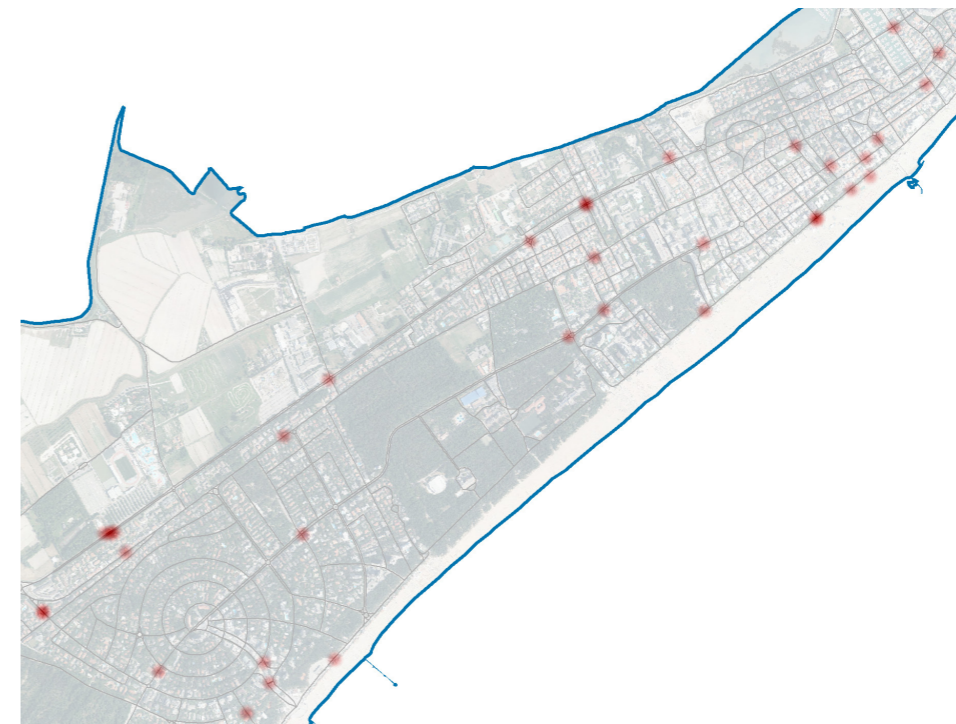
INCIDENTI COMPLESSIVI



INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE



INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI



## SACILE

### INCIDENTI COMPLESSIVI



### INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE



### INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI



## CORDENONS

INCIDENTI COMPLESSIVI



INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE

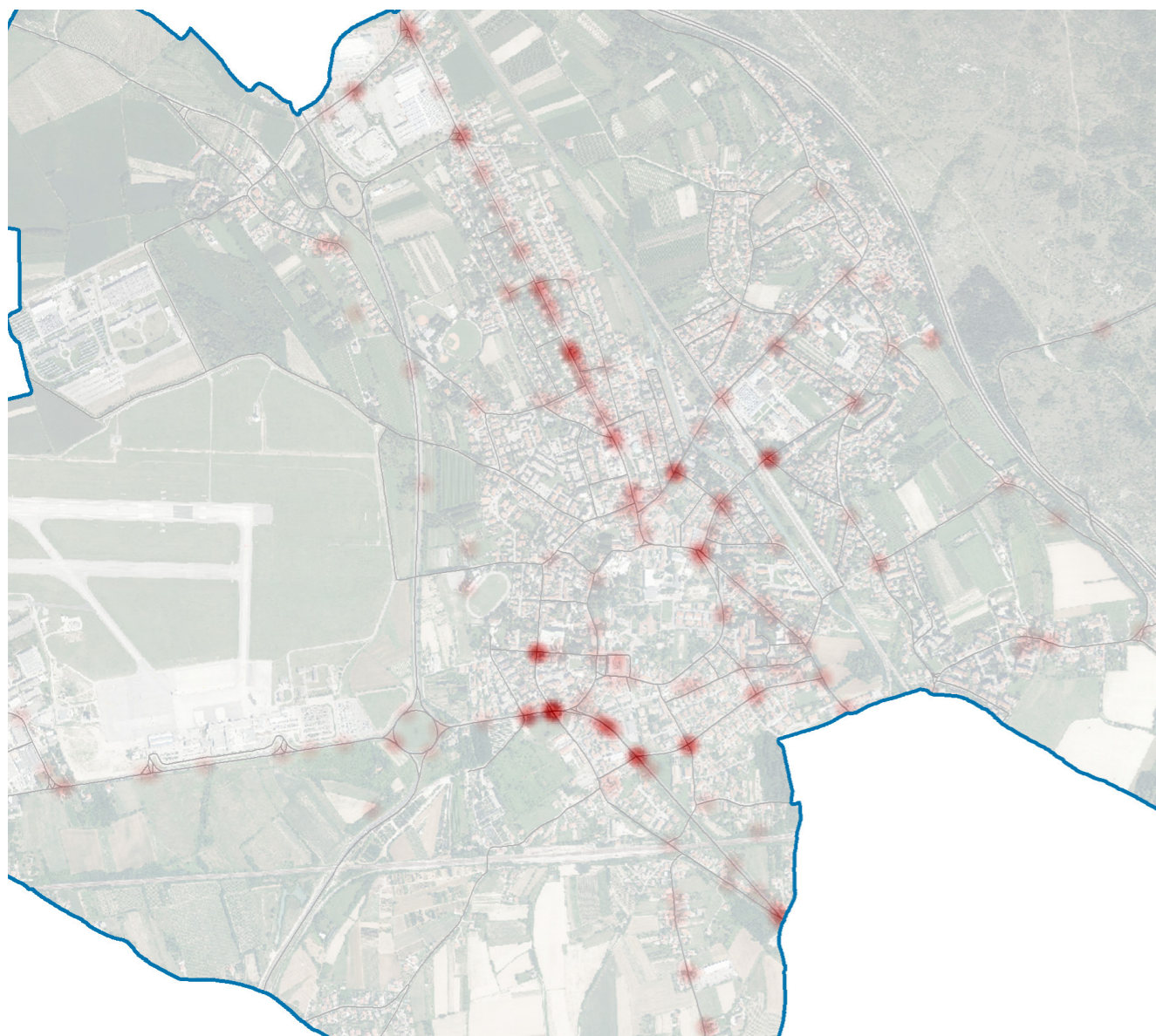


INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI

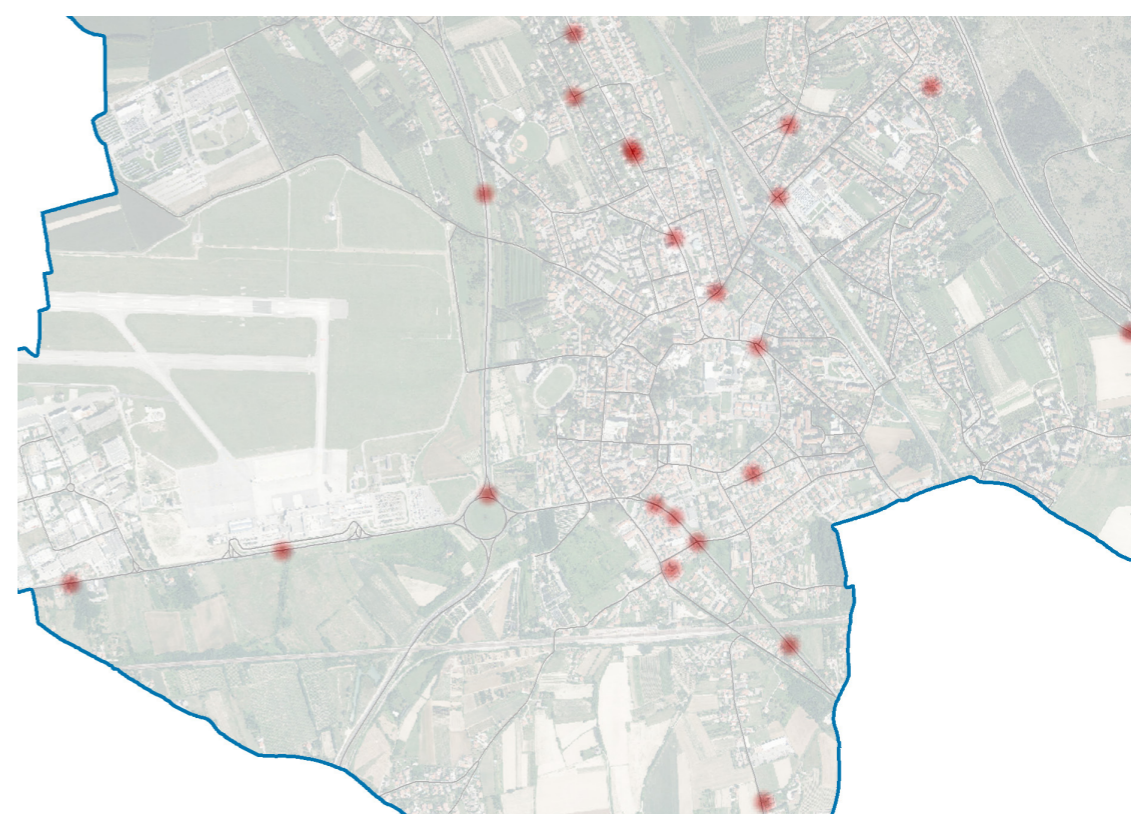


## RONCHI DEI LEGIONARI

INCIDENTI COMPLESSIVI



INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE



INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI



# CODROIPO

## INCIDENTI COMPLESSIVI



## INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE

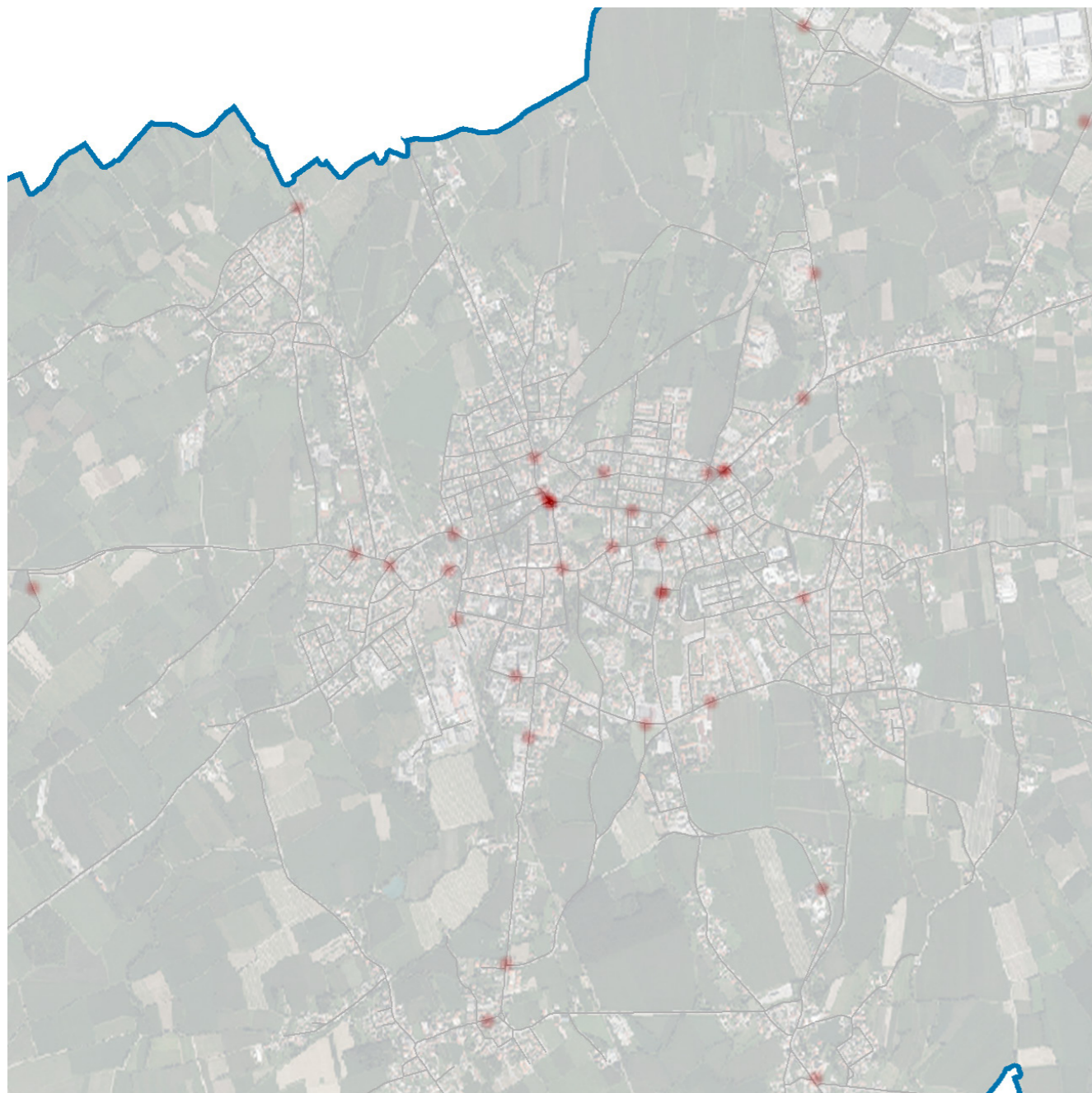


## INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI

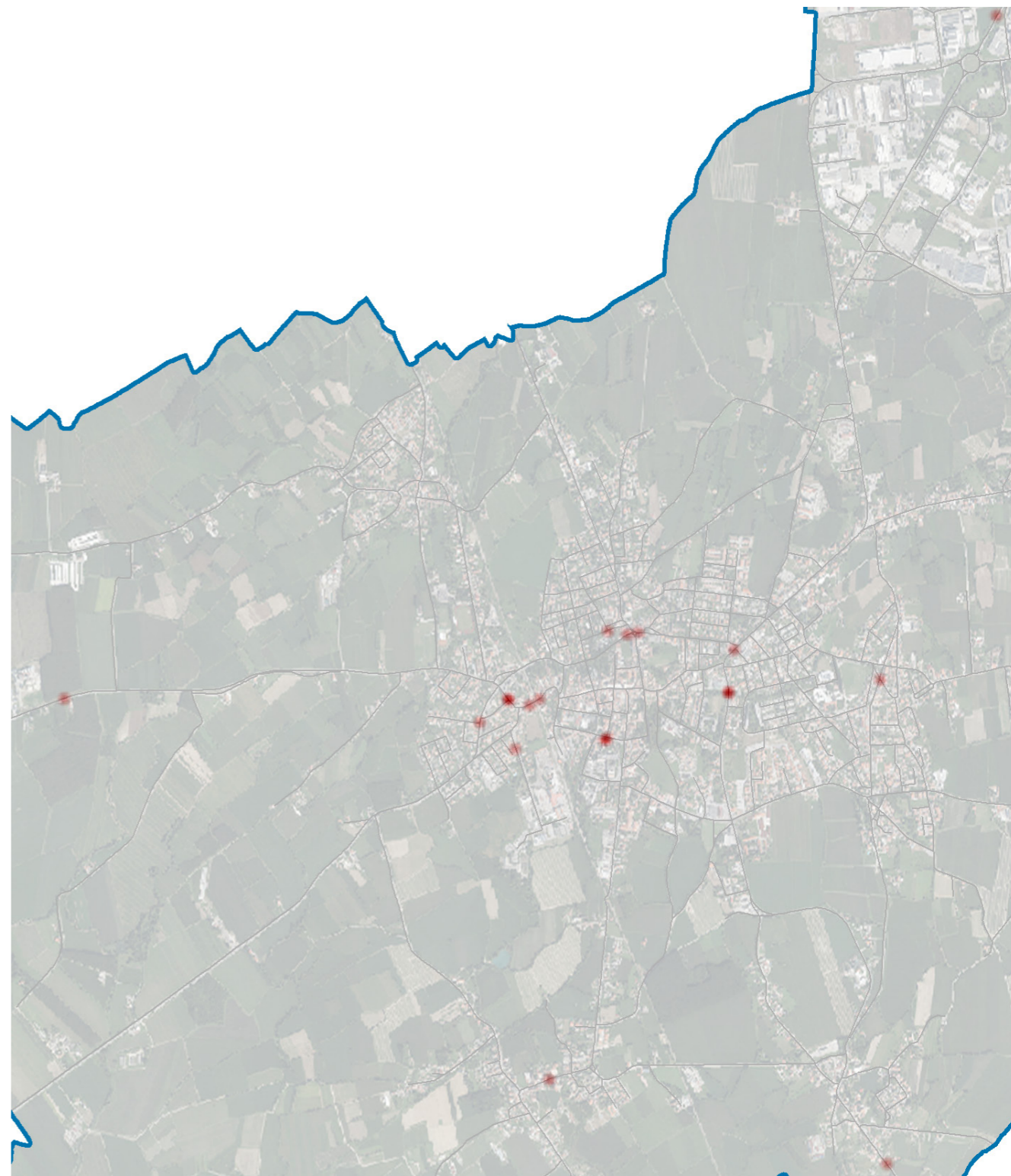


## SAN VITO AL TAGLIAMENTO

INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE



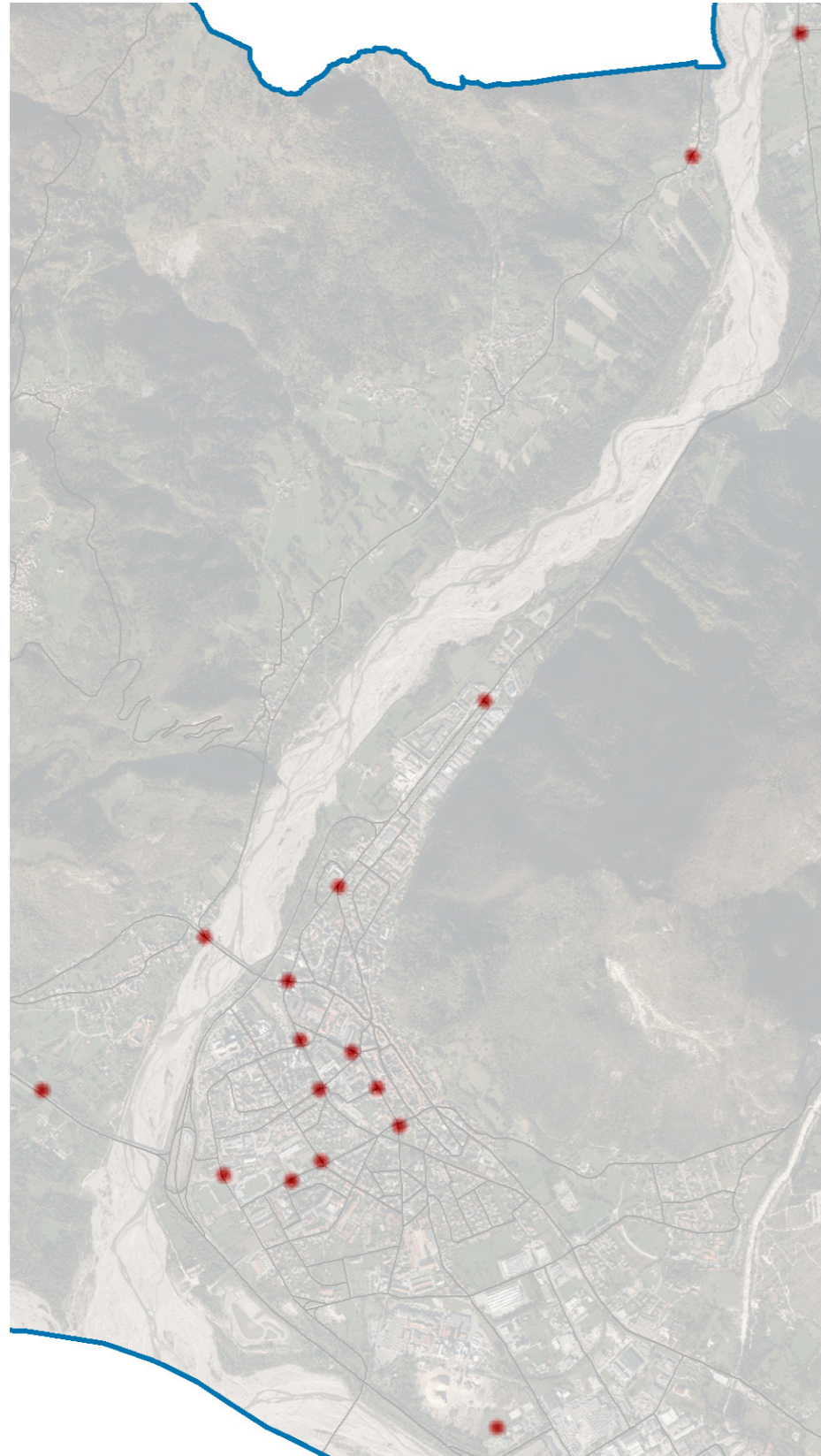
INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI





## TOLMEZZO

### INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI BICICLETTE



### INCIDENTI CON COINVOLGIMENTO DI PEDONI





## INCIDENTALITÀ STRADALE SULLA RETE DI COMPETENZA DI FVG STRADE – ANALISI AGGREGATA E MODELLAZIONE PREDITTIVA

PROF. AGGR. ING. NICOLA BALDO

DOTT. ING. MARCO STEFANUTTI

DOTT. ANDREA GHIGLIANOVICH

## Sommario

La sicurezza in campo stradale risulta tutt'oggi un argomento di grande interesse, sia dal punto di vista tecnico-scientifico, che da quello socio-economico. Negli ultimi trent'anni l'Europa ha intrapreso in tale ambito un percorso di miglioramento, articolato in una serie di programmi decennali, con cui si è impegnata a diminuire significativamente l'incidentalità stradale, con particolare riguardo al numero di vittime sulla strada. In questo contesto la società FVG Strade, fin dalla sua costituzione (ovvero dal 2008), ha inserito nella programmazione delle sue opere la trasformazione di diverse intersezioni a raso, semaforizzate e non, in intersezioni a rotatoria.

In questo studio si è voluta comparare l'incidentalità ante e post operam rilevata in una serie di intersezioni localizzate nel territorio regionale, mediante un'analisi aggregata basata su alcuni specifici indicatori incidentali. Sono stati inoltre elaborati dei modelli predittivi dell'incidentalità per le intersezioni considerate, mediante l'approccio matematico delle reti neurali artificiali; tali modelli sono risultati più flessibili ed accurati di quelli implementati nell'Highway Safety Manual (HSM - manuale statunitense sulla sicurezza stradale). Infine, sempre per mezzo delle reti neurali artificiali, è stata sviluppata un'ulteriore famiglia di modelli predittivi dell'incidentalità per le intersezioni trasformate in rotatoria.

Tali modelli potranno essere utilizzati dal progettista come razionale strumento di supporto delle decisioni, al fine di ottimizzare le scelte progettuali in funzione delle priorità e delle risorse economiche a disposizione, con lo scopo ultimo di diminuire il più possibile il costo sociale legato all'evento incidentale.

## Introduzione

L'infrastruttura stradale costituisce un sistema notevolmente complesso, progettato per soddisfare la domanda di trasporto degli utenti in una ideale condizione di equilibrio, caratterizzata dal minimo rischio. Qualora i diversi elementi che costituiscono tale infrastruttura dovessero interagire in un modo anomalo e tale da compromettere la condizione di equilibrio, si potrebbe verificare, in casi limite, una situazione incidentale. Per comprendere l'origine della sinistrosità stradale risulta quindi necessario analizzare attentamente l'insieme di fattori "uomo-veicolo-strada-ambiente", che interagiscono mutuamente come illustrato in Figura 1.

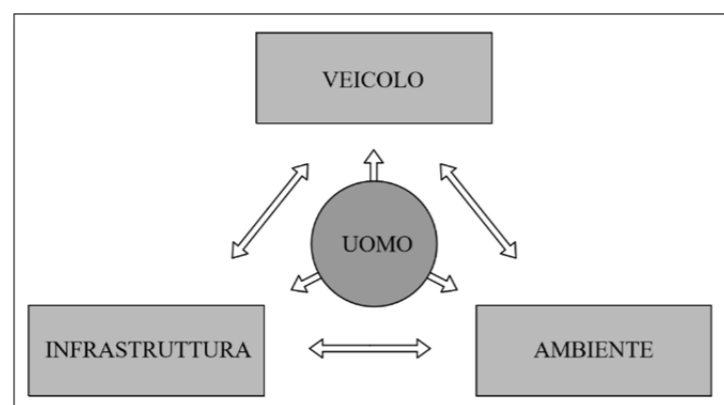


Figura 1 - Interazione uomo, veicolo, strada ed ambiente [1]

Il comportamento di guida dell'uomo, ossia dell'utente della strada, rappresenta una delle più rilevanti cause di sinistrosità. Il veicolo invece concorre a garantire la salvaguardia dei passeggeri, principalmente in termini di sicurezza passiva. L'infrastruttura stradale ha un ruolo di primo piano,

poiché può influire in misura anche determinante sul comportamento di guida. L'ambiente, inteso come l'insieme degli elementi morfologici, paesaggistici e meteo-climatici in cui è inserita l'infrastruttura stradale, può incidere sulla percezione del tracciato, sia in modo positivo (favorevoli condizioni morfologiche del terreno), che negativo (avverse condizioni meteorologiche).

La corretta valutazione del livello di sicurezza di una infrastruttura stradale risulta quanto mai difficile, a causa della evidente imprevedibilità di variabili strategiche, come quelle comportamentali ed ambientali, che rendono estremamente complessa la modellazione del fenomeno incidentale.

Nello studio della sinistrosità quindi, per ovviare a tale problematica, l'approccio più comune prevede una classificazione della sicurezza in relazione al numero ed alla gravità degli incidenti. Tale approccio, peraltro affetto da un sensibile grado di incertezza, si limita tuttavia all'identificazione dei cosiddetti "punti neri" della rete stradale, ossia dei siti caratterizzati da spiccate criticità incidentali. Risulta invece necessaria una metodologia che vada oltre la mera identificazione dei punti neri e che consenta una analisi quantitativa, di natura predittiva, del fenomeno incidentale, in modo da poter formulare preventivamente una attendibile valutazione della sicurezza dell'infrastruttura stradale in esame, come peraltro suggeriscono le "Linee guida per l'analisi di sicurezza delle strade" del 2001 [2]:

*"Considerato che l'infrastruttura stradale è, insieme all'uomo ed al veicolo, uno dei tre elementi della circolazione stradale e che le carenze che la stessa può presentare, sia per difetti di progettazione sia per difetti di esercizio, possono essere causa o concausa dell'incidentalità stradale, è necessario che l'azione di prevenzione sia svolta, con attenzione e tempestività, da parte di tutti gli enti proprietari e gestori di strade. Non è infatti sufficiente limitarsi ad una rilevazione a posteriori dei cosiddetti "punti neri", intervenendo per la loro eliminazione solo dopo che in quei punti si sono verificati e ripetuti incidenti stradali con perdite di vite umane. È necessaria una verifica preventiva della sicurezza stradale, riconoscendo e valutando le condizioni di rischio potenziale per la circolazione stradale con particolare attenzione al punto di vista dell'utente della strada."*

Nel presente studio si sono analizzati gli eventi incidentali verificatisi nei siti in cui vi è stata la trasformazione dell'intersezione a raso, in rotatoria, considerando sia la frequenza che la severità incidentale, in modo da poter valutare i benefici ottenuti dall'intervento infrastrutturale. Sono stati inoltre elaborati dei modelli predittivi di incidentalità, avvalendosi di un approccio computazionale avanzato, basato sulle reti neurali artificiali.

## 1. I dati di incidentalità nella regione FVG – Il sistema MITRIS

La regione Friuli Venezia Giulia con la LR 25/2004 ha istituito il Centro di Monitoraggio della Sicurezza Stradale (CRMSS) e ha elaborato il sistema MITRIS, nel cui database confluiscono tutti i dati inerenti gli incidenti stradali rilevati dalle forze dell'ordine e dalle polizie municipali. Attraverso la piattaforma GeoMedia Smart Client è poi possibile individuare sulla mappa regionale gli incidenti che sono stati caricati nel sistema MITRIS.

È doveroso precisare come gli eventi incidentali registrati e presenti nel sistema siano esclusivamente quelli in cui, a seguito del sinistro, sono sopraggiunte le Forze dell'Ordine. Pertanto non vi è alcuna traccia di tutti quegli episodi incidentali di piccola entità, spesso risolti tramite "constatazione amichevole", per i quali le FF. dell'OO. solitamente non intervengono. Inoltre va precisato che, per l'assenza o l'incongruenza di dati fondamentali nei verbali riguardanti la localizzazione dell'evento incidentale, ci sono incidenti non georeferenziabili e quindi non consultabili attraverso il sistema MITRIS nella piattaforma Geomedia Smart Client.

Una volta individuato sulla mappa un evento incidentale, è possibile disporre di una serie di informazioni, quali:

- tipo di incidente;
- data e ora dell'incidente;
- condizioni del manto stradale al momento dell'incidente;
- numero di feriti, di morti e di veicoli coinvolti.

Nella Figura 2 è rappresentata, a titolo esemplificativo, l'interfaccia del sistema MITRIS; gli incidenti sono rappresentati con cerchi rossi. Vi sono comandi che consentono la rapida consultazione dei singoli eventi incidentali e l'estrazione di dati in forma tabellare secondo opportuni criteri di ricerca.

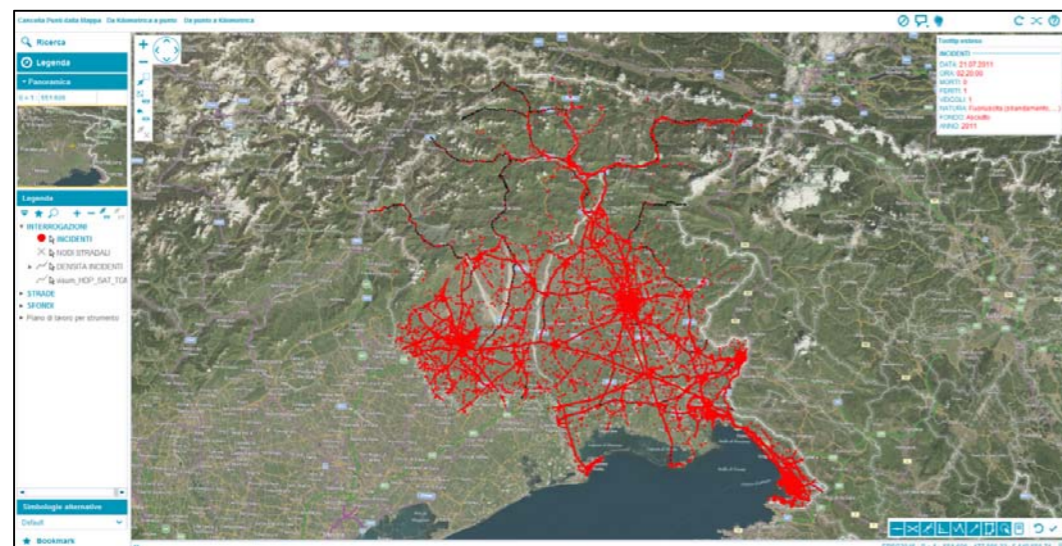


Figura 2 – Il sistema MITRIS in Geomedia Smart Client.

L'analisi di incidentalità è stata condotta ipotizzando che tutti gli incidenti verificatisi entro 150 m dal centro dell'area dell'intersezione, siano correlabili alla presenza dell'intersezione stessa (Figura 3).



Figura 3 – Identificazione dell'area di influenza di un'intersezione

Al momento della redazione dello studio il sistema MITRIS, che viene periodicamente aggiornato, conteneva tutti i dati di incidente dal 2006 fino al 2016 e dati parziali relativi al 2017.

La disponibilità dei dati di incidentalità costituisce una condizione preliminare nello studio della sicurezza stradale; tuttavia, per lo sviluppo di analisi più accurate sul fenomeno incidentale, risulta fondamentale reperire anche i dati relativi al flusso di traffico. Il parametro di riferimento per stimare efficacemente tale flusso veicolare prende il nome di traffico giornaliero medio (TGM); esso rappresenta il rapporto tra il numero di veicoli transitati in una data sezione stradale ed i giorni di osservazione.

In Italia sono presenti diversi sistemi di monitoraggio del traffico, prevalentemente sulla rete autostradale, costituiti da stazioni permanenti di rilevamento che acquisiscono dati 24 ore su 24. Per quanto riguarda le strade regionali del Friuli Venezia Giulia, la situazione risulta più complessa. Dal 2007 è possibile consultare il Piano Regionale per la Sicurezza Stradale (PRSS), elaborato per consentire di sviluppare un articolato sistema di indirizzi, misure e interventi finalizzati al miglioramento della sicurezza stradale; ancora oggi il PRSS è considerato come la fonte regionale più accreditata in materia di flussi di traffico. Tale piano infatti riporta in una serie di grafi i flussi veicolari dell'ora di punta e il TGM sulle principali strade della regione; tali flussi sono stati ottenuti attraverso una elaborazione di rilievi eseguiti nel 2005. La Figura 4 rappresenta un estratto di una tavola grafica del PRSS, in cui si possono osservare i valori di TGM ottenuti da rilievi ed elaborazioni matematiche, per le principali strade del FVG.



Figura 4 - Estratto del grafo stradale del PRSS [3] e del software VISUM

Dopo l'elaborazione del PRSS, sono stati assunti come riferimento per valutare il TGM, i dati di flusso veicolare rielaborati nel 2012 con il software Visum, inseriti successivamente nella piattaforma Geomedia Smart Client e pertanto facilmente consultabili in modo interattivo. Tale rielaborazione si basa sui rilievi dei flussi veicolari del 2005 già inseriti nel PRSS, con ulteriori calibrazioni attinenti alle misure di traffico eseguite automaticamente da 12 portali installati nel 2011 sulla rete di competenza di FVG Strade, nel quadrilatero Udine – Gorizia – Monfalcone – Cervignano; tali portali rilevano dal 2011, 24 ore su 24 e 7 giorni su 7, flussi e velocità veicolari.

Attualmente né la Regione, né Friuli Venezia Giulia Strade dispongono di una banca dati di flussi di traffico aggiornata annualmente; FVG Strade in particolare dispone solo di rilievi del flusso delle ore di punta in circa 170 postazioni per il 2012 e in circa 25 postazioni per il 2017. Tali rilevazioni, benché puntuali e riguardanti solo porzioni della rete di competenza, mostrano come i volumi di traffico, rispetto ai dati rilevati negli anni precedenti, non siano variati in misura considerevole. Nel presente studio si è fatto uso dei flussi di traffico disponibili in GeoMedia Smart Client e relativi quindi alle rielaborazioni del 2012. I valori del TGM impiegati sono stati quindi ipotizzati come costanti negli anni.

Dalle programmazioni dei lavori di FVG Strade, dal 2008 ad oggi, sono stati estratti gli interventi finalizzati al miglioramento della sicurezza stradale; in particolare è stata posta l'attenzione su 51 interventi infrastrutturali di trasformazione di intersezioni lineari a raso esistenti (semaforizzate e non) in intersezioni a rotatoria, osservando gli eventi incidentali dal 2006 al 2016. Lo studio in primo luogo ha inteso ricercare se vi è stata una variazione della frequenza e della gravità incidentale, in secondo luogo ha voluto elaborare dei modelli predittivi della sinistrosità nelle intersezioni oggetto di studio, sulla base dei dati incidentali a disposizione, verificando inoltre corrispondenze o differenze con i modelli proposti dall'HSM [4].

## 2. Analisi degli incidenti

Per poter procedere efficacemente nel confronto fra i vari siti è necessario esaminare i dati raccolti attraverso un'analisi aggregata. Tale approccio costituisce una tipologia di analisi a scala macroscopica, con cui è possibile identificare i siti con rischio di incidentalità più elevato; successivamente, nei casi caratterizzati da particolari criticità, risulta opportuna un'analisi puntuale, di tipo disaggregato. Gli indicatori di riferimento sono quattro:

- Frequenza incidentale ( $f$ );
- Tasso di incidentalità ( $R$ );
- Indice di danno equivalente (IDE);
- Indice di severità equivalente (ISR).

### 2.1. Gli indicatori incidentali

#### Frequenza incidentale

La frequenza incidentale è definita come il numero medio di incidenti che si sono verificati nel periodo di riferimento, in termini di incidenti/anno, calcolata con l'espressione seguente:

$$f_j = \frac{N}{n} \text{ (incidenti/anno)}$$

dove:

- $f_j$  è la frequenza incidentale del sito  $j$ -esimo (incidenti/anno);
- $N$  è il numero di incidenti che si sono verificati nel periodo  $n$ ;
- $n$  è il periodo di osservazione (anni), che dovrebbe essere almeno pari a 3 anni.

Un sito viene ritenuto critico se  $f_j > f_{crp}$ , dove  $f_{crp}$  è la frequenza incidentale critica della popolazione di riferimento, che si determina assumendo una distribuzione di probabilità di Poisson (definizioni e passaggi omissi per brevità).

#### Tasso di incidentalità

L'indicatore che mette in relazione il numero di eventi incidentali con il volume di traffico, è il tasso di incidentalità  $R_j$ , definito per un'intersezione come:

$$R_j = \frac{f_j 10^6}{365.25 n TGM_{inters j}} \text{ (incidenti/milioni di veicoli)}$$

dove:

- $f_j$  è la frequenza incidentale del sito  $j$ -esimo (incidenti/anno);
- $n$  è il periodo di anni di osservazione (anni);
- $TGM_{inters j}$  è il valore del traffico giornaliero medio in entrata nell'intersezione del sito  $j$ -esimo.

Un sito sarà ritenuto critico se  $R_j > R_{crp}$ , dove  $R_{crp}$  è il tasso di incidentalità critica della popolazione di riferimento, che si determina assumendo una distribuzione di probabilità di Poisson (definizioni e passaggi omissi per brevità).

Indice di danno equivalente (IDE)

Un indicatore che mette in relazione l'entità del danno e l'evento incidentale è l'IDE, il quale esprime una ponderazione del danno in funzione delle conseguenze dell'evento. I pesi da assegnare variano in funzione dell'importanza del sinistro; si è scelto di adottare i seguenti coefficienti in linea con la letteratura di riferimento [1]:

- per un sinistro con solo danni materiali: 1,0;
- per un sinistro con feriti (sia lievi che gravi): 4,5;
- per un sinistro con decessi: 9,0.

Tramite tale sistema di pesi si identificano gli IDE dei siti considerati come segue:

$$IDE_j = \frac{\sum_{i=1}^g (w_i f_{ij})}{f_j}$$

dove:

- $IDE_j$  è l'indice di danno equivalente del sito j-esimo;
- $w_i$  è il peso associato all'incidente di gravità i;
- $f_{ij}$  è la frequenza incidentale nel sito j di gravità i (incidenti/anno);
- $f_j$  è la frequenza incidentale del sito j-esimo (incidenti/anno);
- $g$  è il numero di varietà di conseguenze di sinistro per il sito j-esimo ( $g = \text{cost} = 3$ ).

Un sito sarà ritenuto critico se:  $IDE_j > IDE_{crp}$ , dove  $IDE_{crp}$  è l'indice di danno equivalente critico della popolazione di riferimento, che si determina assumendo una distribuzione di probabilità di Poisson (definizioni e passaggi omissi per brevità).

Indice di severità relativo (ISR)

L'ultimo parametro utilizzato per l'analisi aggregata è l'indice di severità relativo. Rispetto al precedente (IDE), l'ISR lega la frequenza incidentale al costo medio per incidente; tale indicatore permette di avere una risposta molto significativa in termini di costo sociale dell'incidente. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti tramite lo "Studio di valutazione dei costi sociali dell'incidentalità stradale" [5] ha effettuato una stima del danno economico subito dalla società a causa degli incidenti stradali. Il danno economico non è rappresentato da una spesa diretta sostenuta dalla società, ma è la quantificazione economica degli oneri che incombono sulla stessa a causa dell'evento incidentale. Il Ministero attribuisce i seguenti costi ai diversi tipi di incidente:

- Costo medio per incidente mortale = 1.503.990 €;
- Costo medio per incidente con feriti = 42.219 €;
- Costo medio per incidente con danni materiali = 10.986 €.

Similmente ai precedenti indicatori la relazione per calcolare l'ISR è:

$$ISR_j = \frac{\sum_{i=1}^g (C_i f_{ij})}{f_j}$$

dove:

- $ISR_j$  è l'indice di severità relativo del sito j-esimo;
- $C_i$  è il costo sociale medio associato all'incidente di gravità i;
- $f_{ij}$  è la frequenza incidentale nel sito j di gravità i (incidenti/anno);
- $f_j$  è la frequenza incidentale del sito j-esimo (incidenti/anno);
- $g$  è il numero di varietà di conseguenze di sinistro per il sito j-esimo ( $g = \text{cost} = 3$ ).

Un sito sarà ritenuto critico se  $ISR_j > ISR_{crp}$ , dove  $ISR_{crp}$  è l'indice di severità relativo della popolazione di riferimento, che si determina assumendo una distribuzione di probabilità di Poisson (definizioni e passaggi omissi per brevità).

**2.2. I risultati dell'analisi aggregata**

Per avere una stima complessiva degli incidenti analizzati, si riportano i valori totali, relativi ai 51 siti oggetto di studio, sempre distinguendo fra incidenti avvenuti prima, durante e dopo l'intervento di trasformazione in rotonda.

PERIODO OSSERVAZIONE	Incidenti totali	Veicoli coinvolti	Feriti	Morti
ANTE INTERVENTO	352	712	401	11
DURANTE INTERVENTO	29	51	23	4
POST INTERVENTO	76	136	87	0
<b>TOTALE</b>	<b>457</b>	<b>899</b>	<b>511</b>	<b>15</b>

Tabella 1 - Riepilogo complessivo degli incidenti.

Dalla Tabella 1 è possibile notare che nei 51 siti analizzati sono avvenuti, negli ultimi 11 anni, 457 incidenti, di cui 352 ante operam, 29 a lavori in corso e 76 post operam; si evidenzia inoltre, come vi sia una quantità non trascurabile di incidenti nel corso dei lavori. Inoltre, da una rapida lettura della stessa tabella, si evince come il numero di morti, dal momento in cui sono state realizzate le rotonde, si sia azzerato; pur considerando che il numero di anni di osservazione post operam (in media 4,4 anni) è inferiore rispetto a quello ante operam (in media 7,2 anni), tale dato fornisce un ordine di grandezza importante in merito alla diminuzione dei decessi su strada.

In Tabella 2 sono riportati i risultati dell'analisi aggregata. Si può osservare quanto segue:

- la frequenza incidentale è globalmente diminuita del 42%, così come desumibile dalla variazione ante e post operam della frequenza incidentale critica  $f_{crp} = (1,24 - 0,71) / 1,24$ ;
- il tasso di incidentalità è globalmente diminuito dell'8%, così come desumibile dalla variazione ante e post operam del tasso di incidentalità critico  $R_{crp} = (0,112 - 0,104) / 0,112$ ;
- l'indice di danno equivalente è globalmente diminuito del 30%, così come desumibile dalla variazione ante e post operam dell'indice di danno equivalente critico  $IDE_{crp} = (3,98 - 2,78) / 3,98$ ;
- l'indice di severità relativo è globalmente diminuito del 77%, così come desumibile dalla variazione ante e post operam dell'indice di severità relativo critico  $ISR_{crp} = (98242 - 22933) / 98242$ .

È importante evidenziare che la frequenza incidentale si è quasi dimezzata; questo risultato può ritenersi soddisfacente dal punto di vista del miglioramento della sicurezza stradale. Si noti inoltre, come tale valore sia in linea con quello fornito dall'HSM, che stima una diminuzione della frequenza incidentale per lo stesso tipo di intervento compresa tra il 44 e il 48%. Per quanto riguarda l'analisi dei singoli siti, si è scelto di classificare gli stessi come critici quando i valori di almeno tre degli indicatori di incidentalità hanno superato la soglia critica.

Un particolare cenno va dato al sito n°6 - Gradisca d'Isonzo (località Mercaduzzo), il quale si distingue positivamente poiché, se nella configurazione ante operam, ad intersezione semaforizzata, ha fatto registrare quattro indici critici su quattro (unico caso su 51), grazie alla trasformazione in rotonda, è

passato a due indici critici su quattro, con una diminuzione della frequenza incidentale del 59% ed una diminuzione di severità degli incidenti del 79%.

Un altro esempio molto positivo è rappresentato dal sito n°25 - Codroipo (bivio Coseat), in quanto la trasformazione in rotatoria ha azzerato gli indici di incidentalità, portando la frequenza incidentale da 2,00 a 0,00 incidenti/anno.

Vi sono viceversa alcuni siti che dopo la trasformazione in rotatoria risultano classificabili come "critici". Per essi si rende raccomandabile un'attività di monitoraggio più prolungata e l'analisi dettagliata delle possibili e probabili cause della sinistrosità.

PROGR.	N.	ID. INTERVENTO	DATA INTERVENTO		ANNI OSSERV. B/A	CRITERI DI ANALISI DATI					TEST CRITICI	SITO CRITICO ? (e3)
			INTERVENTO INIZIO/FINE			FREQUENZA INCIDENTALE f	TASSO DI INCIDENTALITÀ Rj	INDICE DI DANNO EQUIVALENTE IDE	INDICE SEVERITÀ RELATIVO ISRI			
2010	1	01.UD.LATISANA (loc. Picchi)	I 15/03/11	BEFORE	5	0,80	0,030	2,75	26603	0	NO	
			F 22/07/11	AFTER	5	0,80	0,030	3,63	34411	3	SI	
	2	02.UD.COSEANO (loc. Cisterna)	I 04/10/10	BEFORE	4,5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO	
			F 20/05/11	AFTER	5,5	0,18	0,008	4,50	42219	2	NO	
	3	03.UD.OSOPPO (loc. Rivoli)	I 23/12/10	BEFORE	4,5	0,22	0,014	1,00	10986	0	NO	
			F 17/05/11	AFTER	5,5	0,73	0,036	4,50	42219	3	SI	
4	04.UD.DIGNANO (loc. Carpaeco)	I 18/04/11	BEFORE	7	0,14	0,006	4,50	42219	1	NO		
		F 12/08/11	AFTER	5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		
5	05.UD.CERVIGNANO DEL FRIULI (loc. Scodavacca)	I 01/04/11	BEFORE	5	1,40	0,078	3,50	33295	1	NO		
		F 15/07/11	AFTER	5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		
6	06.GO.GRADISCA D'ISONZO (loc. Mercaduzzo)	I 22/09/11	BEFORE	5,5	1,64	0,193	4,28	19767	4	SI		
		F 12/05/12	AFTER	4,5	0,67	0,096	4,50	42219	2	NO		
2011	7	07.PN.CORDOVADO (SR463 km54+550)	I 05/09/11	BEFORE	5,5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO	
			F 13/03/12	AFTER	4,5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO	
	8	08.UD.AMARO OVEST (SS52 km3+800)	I 28/05/12	BEFORE	5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO	
			F 01/11/12	AFTER	4	1,50	0,149	4,50	42219	4	SI	
	9	09.UD.BASILIANO (SS13 km18+950)	I 01/09/12	AFTER	4	0,00	0,000	0,00	0	0	NO	
			F 22/10/12	BEFORE	6,5	0,46	0,012	4,50	42219	1	NO	
10	10.GO.CORMONS (SR56 km23+750)	I 22/04/13	AFTER	3,5	1,14	0,056	3,63	34411	3	SI		
		F 29/06/12	BEFORE	6,5	2,92	0,062	3,76	35644	1	NO		
11	11.UD.BASILIANO (SR13 km18+020)	I 24/05/13	AFTER	3,5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		
		F 01/01/15	BEFORE	9	1,56	0,064	5,07	35994	3	SI		
2012	12	12.UD.TALMASSONS (SR252 km10+200)	I 01/06/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/	
			F 07/01/15	BEFORE	9	0,89	0,018	3,63	34411	0	NO	
	13	13.UD.LATISANA (loc. Aprila)	I 15/07/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/	
			F 01/10/11	BEFORE	6	3,50	0,134	2,50	24372	2	NO	
	14	14.PN.PORDENONE (SS13-Viale Libertà)	I 01/04/12	AFTER	4	1,25	0,072	4,50	42219	3	SI	
			F 01/10/12	BEFORE	6	2,67	0,081	3,19	30507	1	NO	
15	15.PN.PORDENONE (SS13-Via Revedole)	I 01/04/12	AFTER	4	2,00	0,091	4,50	42219	3	SI		
		F 26/03/15	BEFORE	9	1,00	0,023	3,72	35278	0	NO		
16	16.UD.S.MARIA LA LONGA (loc. Crosada)	I 30/09/16	AFTER	0,5	/	/	/	/	/	/		
		F 10/12/15	BEFORE	10	0,90	0,024	3,33	31808	0	NO		
2014	17	17.GO.RONCHI DEI LEGONARI (aerop.)	I 08/06/16	AFTER	0,5	/	/	/	/	/	/	
			F 01/01/10	BEFORE	4	4,25	0,183	3,26	31196	2	NO	
	18	18.GO.MONFALCONE (R5-zona ospedale)	I 01/12/10	AFTER	6	2,33	0,067	3,75	35526	3	SI	
			F 07/04/15	BEFORE	9	1,44	0,051	4,88	154663	3	SI	
	19	19.GO.MONFALCONE (R2-via Portosogea)	I 22/10/15	BEFORE	1	/	/	/	/	/	/	
			F 21/07/16	AFTER	0,5	/	/	/	/	/	/	
DELEG. AMM.	20	20.GO.MONFALCONE (R3-via Tiravo)	I 22/10/15	BEFORE	9,5	0,95	0,020	3,72	35278	0	NO	
			F 01/04/15	AFTER	9	1,11	0,032	4,50	42219	1	NO	
	21	21.PN.ZOPPOLA (SS13 km 87+365)	I 01/11/15	AFTER	1	/	/	/	/	/	/	
			F 01/10/12	BEFORE	6,5	0,62	0,020	4,50	42219	1	NO	
	22	22.PN.ZOPPOLA (SS13 km 88+550)	I 01/09/13	AFTER	3	1,33	0,096	4,50	42219	3	SI	
			F 30/01/13	BEFORE	7	0,86	0,053	2,17	21397	0	NO	
23	23.PN.CASARSA (SS13 km 97+200)	I 12/10/13	AFTER	3	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		
		F 21/05/12	BEFORE	6,5	0,15	0,010	1,00	10986	0	NO		
24	24.PN.CASARSA (SS13 km 97+580)	I 24/10/12	AFTER	4	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		
		F 04/06/12	BEFORE	6,5	2,00	0,091	4,62	152360	3	SI		
25	25.UD.CODROIPO (SS13 bivio Coseat)	I 24/11/12	AFTER	4	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		
		F 01/04/15	BEFORE	9	1,33	0,051	4,21	39616	2	NO		
26	26.UD.CODROIPO (SS13 km 106+129)	I 01/11/15	AFTER	1	/	/	/	/	/	/		
		F 06/06/12	BEFORE	6,5	1,08	0,068	4,00	37757	1	NO		
27	27.UD.CODROIPO (SS13 km 106+980)	I 13/05/13	AFTER	3,5	0,57	0,067	1,00	10986	0	NO		
		F 20/08/12	BEFORE	6,5	0,77	0,027	4,80	328327	2	NO		
28	28.UD.PRADAMANO (SR56 loc. Lovaria)	I 17/05/13	AFTER	3,5	0,29	0,019	4,50	42219	2	NO		
		F 02/04/12	BEFORE	6	1,33	0,054	4,06	38315	2	NO		
29	29.UD.BUTTRIO (SR56 km 9+750)	I 31/07/12	AFTER	4,5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		
		F 18/06/12	BEFORE	6,5	0,77	0,028	3,10	29726	0	NO		
30	30.UD.MANZANO (SR56 km 14+830)	I 24/04/13	AFTER	3,5	0,86	0,058	4,50	42219	3	SI		
		F 03/07/12	BEFORE	6,5	1,69	0,068	2,59	25183	1	NO		
COMM.	31	31.UD.SAN GIOVANNI AL NAT. (SR56 km 16+900)	I 10/05/13	AFTER	3,5	0,29	0,020	4,50	42219	2	NO	
			F 12/10/11	BEFORE	5,5	0,36	0,020	4,50	42219	1	NO	
	32	32.UD.SAN GIOVANNI AL NAT. (SR56 km 17+300)	I 20/03/12	AFTER	4,5	0,67	0,044	4,50	42219	2	NO	
			F 01/04/15	BEFORE	9	0,44	0,022	4,88	399854	2	NO	
	33	33.UD.SAN GIOVANNI AL NAT. (SR56 km 17+700)	I 01/11/15	AFTER	1	/	/	/	/	/	/	
			F 01/01/15	BEFORE	9	0,22	0,013	2,75	26603	0	NO	
34	34.UD.CODROIPO (SR252 km 2+300 Rivoletto)	I 01/07/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/		
		F 13/12/14	BEFORE	9	1,11	0,060	2,75	26603	0	NO		
35	35.UD.CASTIONS DI STRADA (SR252)	I 09/07/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/		
		F 01/11/14	BEFORE	8,5	1,06	0,055	3,72	35278	0	NO		
36	36.UD.GONARS (SR252 km 18+750)	I 30/09/15	AFTER	1	/	/	/	/	/	/		
		F 27/02/10	BEFORE	4	0,25	0,043	4,50	42219	1	NO		
37	37.UD.MUZZANA DEL T. (SS14 Muzzana ovest)	I 01/06/10	AFTER	6,5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		
		F 01/04/15	BEFORE	9	0,67	0,044	4,50	42219	1	NO		
38	38.UD.MUZZANA DEL T. (SS14 km 92+200)	I 12/04/16	AFTER	0,5	/	/	/	/	/	/		
		F 01/02/15	BEFORE	9	0,11	0,006	9,50	150390	2	NO		
39	39.UD.SAN GIORGIO DI N. (SS14 km 98+700)	I 01/08/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/		
		F 01/01/17	BEFORE	11	0,82	0,038	4,11	38749	1	NO		
40	40.UD.TORVISCOSA (SS14 km 104+250)	I in corso	AFTER	0	/	/	/	/	/	/		
		F 01/01/17	BEFORE	11	0,36	0,021	5,75	407662	2	NO		
COMM.	41	41.UD.TORVISCOSA (SS14 km 106+000)	I in corso	AFTER	0	/	/	/	/	/	/	
			F 01/09/14	BEFORE	8,5	0,82	0,028	3,50	33295	0	NO	
	42	42.UD.CERVIGNANO (SS14 km 108+430)	I 01/03/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/	
			F 01/09/14	BEFORE	8,5	0,35	0,016	3,33	31808	0	NO	
	43	43.UD.CERVIGNANO (SS14 km 109+300)	I 01/03/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/	
			F 01/09/14	BEFORE	8,5	0,47	0,034	3,63	34411	0	NO	
44	44.UD.CERVIGNANO (SS14 km 112+550)	I 01/03/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/		
		F 01/09/14	BEFORE	8,5	1,06	0,062	4,11	38749	1	NO		
45	45.UD.VILLA VICENTINA (SS14 km 115+230)	I 01/03/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/		
		F 01/09/14	BEFORE	8,5	0,59	0,030	4,50	42219	1	NO		
46	46.UD.FIUMICELLO (SS14 km 115+750)	I 01/03/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/		
		F 01/09/14	BEFORE	8,5	0,82	0,038	4,71	246582	2	NO		
47	47.UD.SAN CANZIAN D'IS. (SS14 km 118+980)	I 01/03/15	AFTER	1,5	/	/	/	/	/	/		
		F 01/09/14	BEFORE	8,5	0,82	0,038	4,71	246582	2	NO		
EXTRA	48	48.UD.BUTTRIO (SR56-SP14)	I 01/12/10	BEFORE	5	0,80	0,036	1,88	18794	0	NO	
			F 01/04/11	AFTER	5,5	0,18	0,008	4,50	42219	2	NO	
	49	49.GO.GRADISCA D'IS. (SR351-SR305)	I 01/09/10	BEFORE	4,5	2,67	0,198	3,33	31808	2	NO	
			F 01/03/11	AFTER	5,5	0,91	0,055	4,50	42219	3	SI	
	50	50.UD.FOGLIANO DI R. (SR351-SP1)	I 01/09/11	BEFORE	5,5	2,00	0,126	3,86	36540	2	NO	
			F 01/04/12	AFTER	4,5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO	
51	51.PNSAN VITO AL T. (Vale Ponte Rosso)	I 01/11/12	BEFORE	6,5	0,15	0,009	4,50	42219	1	NO		
		F 01/04/13	AFTER	3,5	0,00	0,000	0,00	0	0	NO		

	fmp	fcp	Rm	Rcp	IDEm	IDCcp	ISRm	ISRcp
BEFORE	1,01	1,24	0,05	0,11	3,56	3,98	98176	98342
AFTER	0,54	0,72	0,03	0,10	2,43	2,78	22903	22934

Tabella 2 – Risultati dell'analisi aggregata.

### 3. I modelli predittivi dell'incidentalità

#### 3.1. Reti neurali artificiali

Nel presente studio si sono voluti sviluppare dei modelli predittivi di incidentalità, specificatamente calibrati e validati per le intersezioni di competenza di FVG Strade, seguendo tuttavia un metodo matematico del tutto generale ed estremamente efficiente, come quello delle reti neurali artificiali (Artificial Neural Networks, ANN).

Tale approccio computazionale è in grado di identificare correlazioni robuste tra grandi moli di dati, fino a giungere alla formulazione di modelli matematici per la previsione dell'evoluzione del fenomeno osservato, facendo uso di un meccanismo di "apprendimento", da cui il termine frequentemente usato in letteratura di "machine learning". Sostanzialmente, da un punto di vista puramente descrittivo e qualitativo, le ANN simulano numericamente il funzionamento del sistema nervoso biologico e della sua unità fondamentale, ossia il neurone biologico (Figura 5).

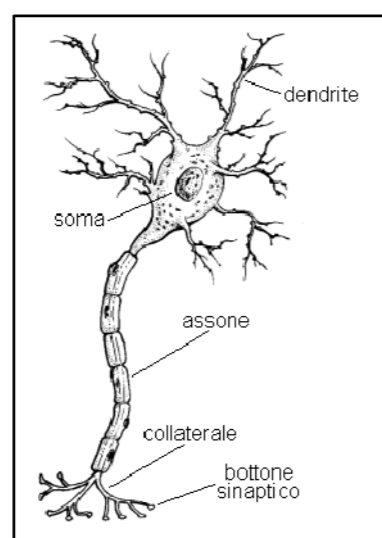


Figura 5 - Struttura di un neurone biologico [6]

Pertanto, in similitudine con il sistema nervoso biologico, le ANN sono costituite dall'interconnessione di neuroni artificiali, o unità di calcolo fondamentali, che elaborano i dati di input per giungere alla soluzione del problema per mezzo di un processo "adattivo" di apprendimento. Generalmente si utilizzano reti neurali di tipo multilayer, in quanto capaci di creare un meccanismo di apprendimento più efficace (Figura 6).

In questa tipologia di rete, i neuroni sono organizzati solitamente su tre livelli:

- layer di input;
- uno o più layer nascosti;
- layer di output.

Le unità del layer di input, generalmente sono organizzate in un vettore, servono per trasmettere al layer nascosto i dati di ingresso, mentre le unità nascoste costituiscono l'ingresso per il layer di output, anch'esso organizzato in un vettore.

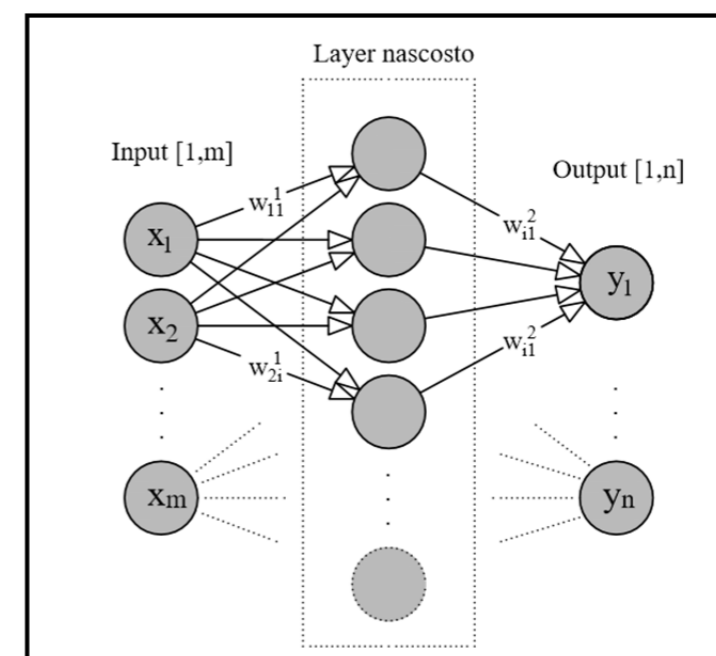


Figura 6 - Esempio di rete multilayer con un layer nascosto

Vi sono varie tipologie di funzioni matematiche, di varia complessità, associabili alle unità di calcolo elementari delle ANN; nel presente lavoro si è fatto uso della funzione sigmoidea, tra le più efficaci per l'analisi di dati caratterizzati da una elevata non linearità.

Da un punto di vista metodologico, in analogia a quanto proposto nell'HSM (§ 6.2, capitolo 12), i modelli predittivi della frequenza incidentale per le intersezioni a raso, sono stati elaborati in funzione dei seguenti elementi:

- tipologia di intersezione, con riferimento a 4 categorie:
  - intersezione a 3 rami con segnale di stop sul ramo secondario (3ST);
  - intersezione a 4 rami con segnale di stop sui rami secondari (4ST);
  - intersezione a 3 rami semaforizzata (3SG);
  - intersezione a 4 rami semaforizzata (4SG);
- traffico, distinguendo il volume di traffico sul ramo principale (chiamato  $TGM_{ma}$ ) e sul ramo secondario ( $TGM_{min}$ );
- tipo di incidente, considerando se è stato coinvolto un solo veicolo (single vehicle) o se si è verificato uno scontro multiplo (multiple vehicle).

#### 3.2. I Modelli predittivi dell'HSM

I metodi previsionali dell'Highway Safety Manual sono stati sviluppati per mezzo di regressioni statistiche di dati d'incidentalità, raccolti con studi su larga scala condotti negli Stati Uniti; i modelli e i concetti contenuti nell'HSM sono considerati come un punto di riferimento di livello internazionale per l'analisi della sicurezza stradale. Per questo motivo si è ritenuta fondamentale la ricerca di una possibile corrispondenza tra i modelli predittivi descritti in tale manuale e i modelli elaborati nel presente studio con le reti neurali artificiali, sulla base dei dati relativi ai siti in cui FVG Strade ha trasformato l'intersezione a raso esistente, in una rotonda.



Si consideri comunque che i modelli dell'HSM sono stati sviluppati avendo come base di riferimento una serie di fattori non replicabili nella Regione FVG (geometria stradale, tipo di veicolo, comportamenti di guida, etc.); è quindi ragionevole ipotizzare preliminarmente che gli indicatori di incidentalità valutati con riferimento alla rete regionale assumano valori non esattamente corrispondenti a quelli determinabili seguendo gli approcci americani.

### 3.3. Confronto fra i modelli predittivi delle reti neurali e dell'HSM

Nel seguito verranno presentati dei grafici (Figure 7-10), che rappresentano in modo semplice ed immediato alcuni risultati notevoli ottenuti con la modellazione neurale, in termini di frequenza incidentale, al variare del flusso di traffico. Inoltre ciascun grafico propone anche il confronto diretto tra i risultati della modellazione ANN e quelli dell'HSM.

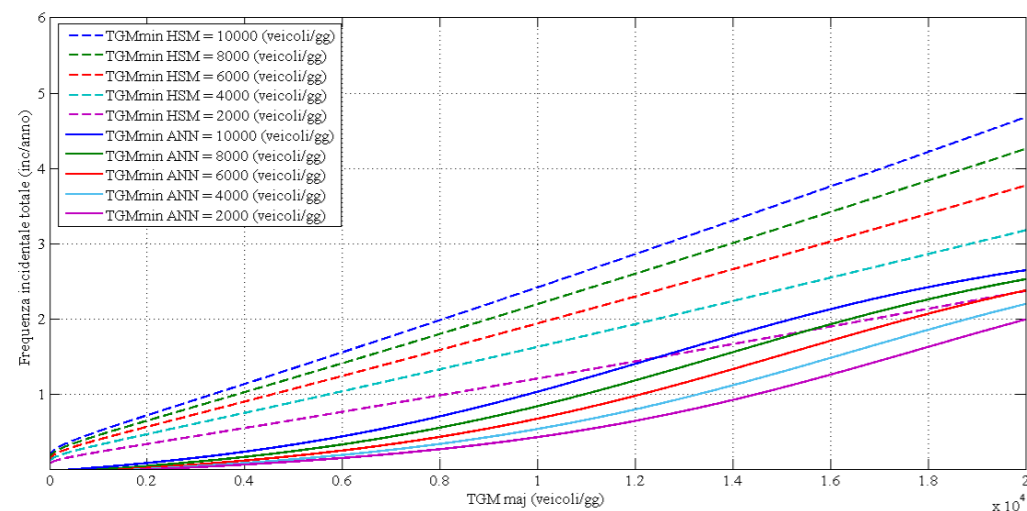


Figura 7 - Confronto modelli HSM/ANN per 3ST

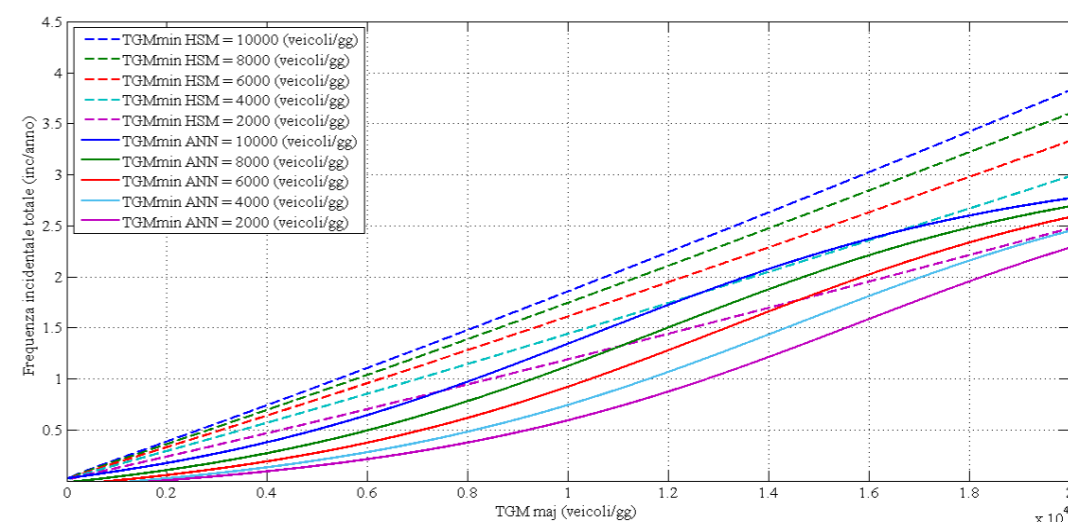


Figura 8 - Confronto modelli HSM/ANN per 3SG

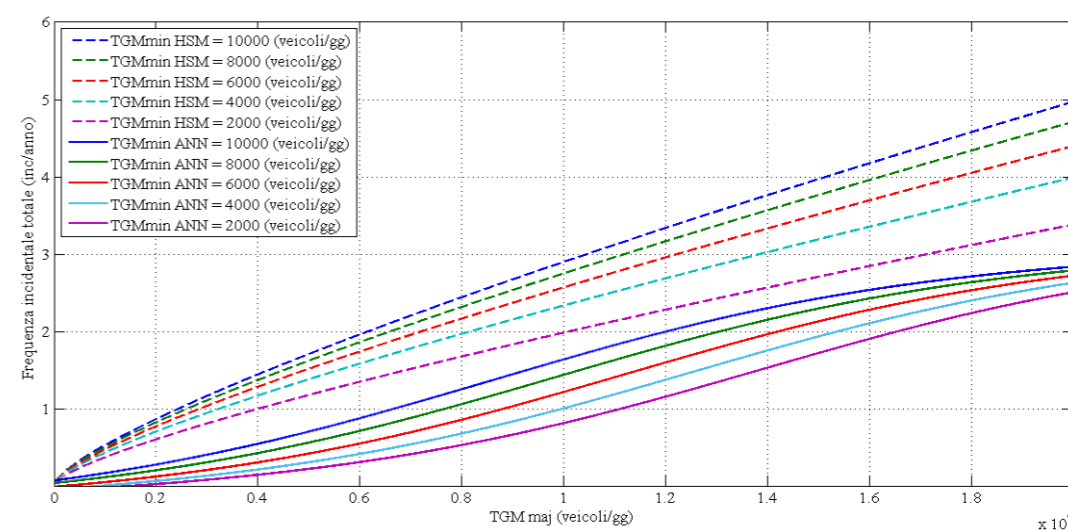


Figura 9 - Confronto modelli HSM/ANN per 4ST

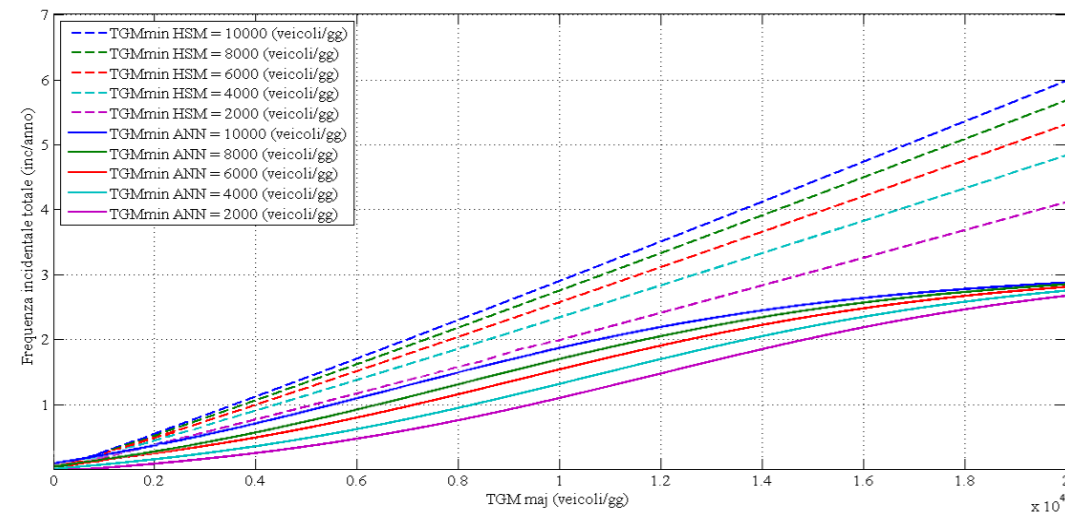


Figura 10 - Confronto modelli HSM/ANN per 4SG

Complessivamente, per le intersezioni considerate, la frequenza incidentale determinata con le ANN risulta inferiore rispetto a quanto stimato dai modelli statunitensi. In particolare si nota come le curve elaborate con le reti neurali si discostino dalle curve HSM, caratterizzandosi con un andamento ad "S", a pendenza decrescente per elevati livelli di TGM. Si ipotizza che tale risultato possa dipendere da una insufficiente capacità dell'intersezione di smaltire notevoli volumi di traffico, giungendo ad una condizione di congestionamento connotata da una incidentalità stazionaria; tale fenomeno non viene colto dai modelli HSM, che prevedono invece un aumento lineare della frequenza incidentale, al crescere del TGM.

A titolo d'esempio si riporta nella Tabella 3 il confronto tra i risultati dei modelli HSM e delle reti neurali di FVG Strade (FVGS) per le quattro tipologie di intersezione analizzate, nell'ipotesi di un traffico giornaliero medio per il ramo principale (TGMmaj) pari a 12.000 veicoli/giorno.

Tipologia intersezione	HSM	FVGS	Variazione MIN/MAX%
3ST	1,3 - 2,9	0,7 - 1,3	46% - 55%
3SG	1,4 - 2,3	0,8 - 1,7	42% - 26%
4ST	2,3 - 3,3	1,2 - 2,0	48% - 39%
4SG	2,4 - 3,5	1,5 - 2,3	38% - 34%

Tabella 3 – Valori della frequenza incidentale per  $TGM_{maj} = 12'000$  veicoli/giorno.

### 3.4. Modelli predittivi per le rotatorie della rete regionale

In questo paragrafo si presentano i risultati dei modelli predittivi dell'incidentalità relativi alla fase post operam, ovvero dopo che i lavori di trasformazione dell'intersezione in rotatoria sono ultimati.

Dei 51 interventi considerati nello studio, solo 29 sono stati selezionati per la creazione di una seconda famiglia di modelli predittivi, in quanto i restanti non garantivano un intervallo temporale di

osservazione sufficiente. In particolare sono stati scartati tutti gli interventi che avevano un periodo di osservazione post operam minore di 3 anni.

I modelli predittivi sono stati suddivisi nelle seguenti tre grandi classi, in funzione del diametro esterno della rotatoria:

- classe 1: per rotatorie con diametro  $\varnothing \leq 40m$ ;
- classe 2: per rotatorie con diametro compreso tra  $40m < \varnothing < 60m$ ;
- classe 3: per rotatorie con diametro  $\varnothing \geq 60m$ .

Analogamente a quanto già esposto per i modelli d'incidentalità al paragrafo precedente, sono stati messi a punto dei nuovi modelli predittivi specifici per le rotatorie. Si ribadisce anche in questo caso che i modelli esposti successivamente sono stati calibrati e validati per le rotatorie appartenenti alla rete regionale del FVG.

I risultati sono riportati nelle Figure 11, 12, 13.

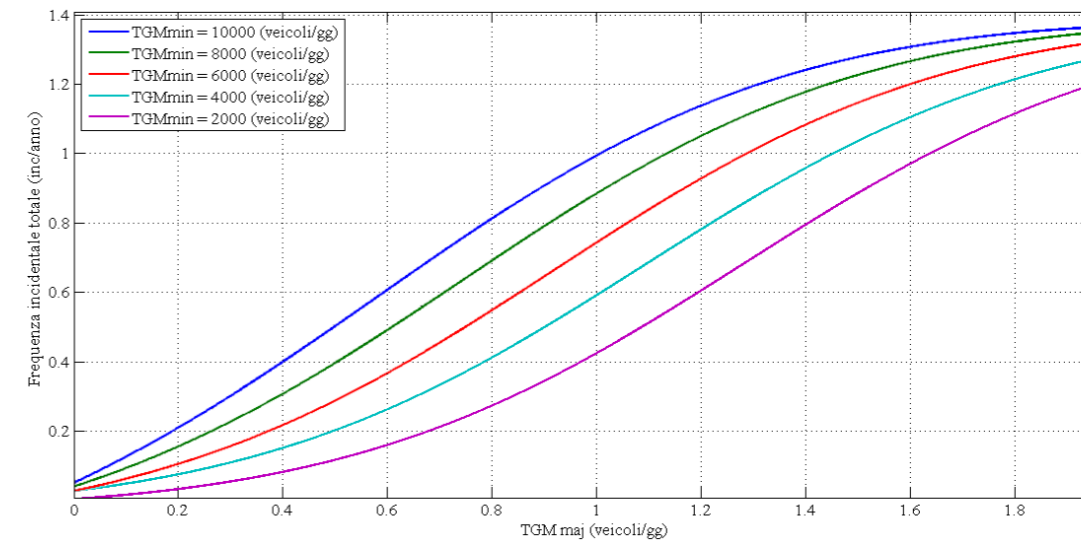


Figura 11 - Modello previsionale ANN rotatorie classe 1

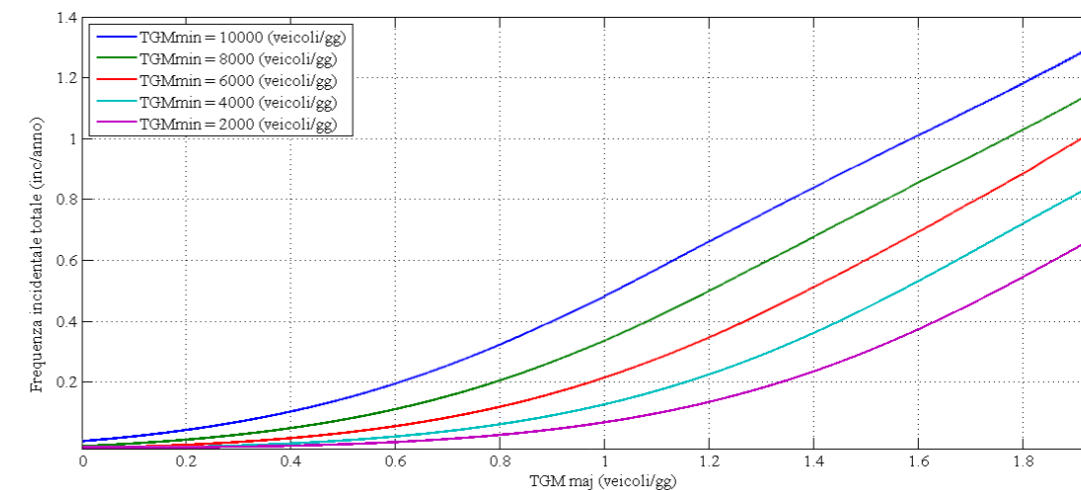


Figura 12 - Modello previsionale ANN rotatorie classe 2

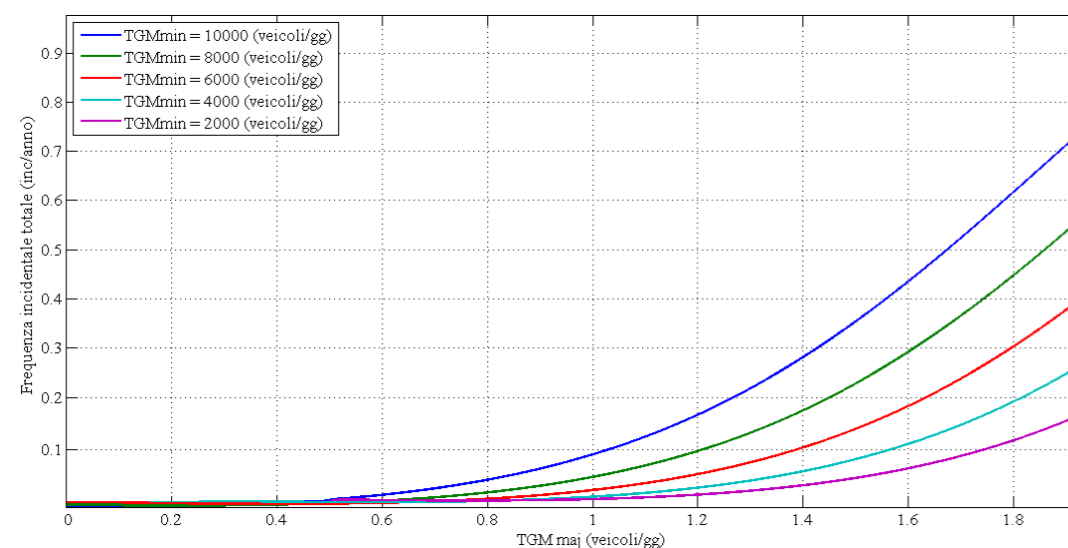


Figura 13 - Modello previsionale ANN rotatorie classe 3

In Figura 11 si osserva un andamento ad "S" delle curve della frequenza incidentale al variare del  $TGM_{maj}$ ; tale forma, in accordo con l'ipotesi già discussa precedentemente, denota come, per flussi di traffico così elevati da portare a saturazione la rotatoria, la frequenza incidentale rimanga pressoché costante.

Nei modelli previsionali di Figura 12 e di Figura 13 è evidente invece un andamento crescente in misura più che lineare; in questo tipo di rotatoria quindi, diversamente da quanto osservato per la classe 1, la frequenza incidentale aumenta più che linearmente con il flusso di traffico della strada principale. Tali risultati possono trovare giustificazione nella maggiore riserva di capacità delle rotatorie più ampie, che raggiungono solo per flussi particolarmente elevati un basso livello di servizio, ovvero una condizione di circolazione congestionata.

A titolo d'esempio la Tabella 4 riporta le frequenze incidentali calcolate per una rotatoria avente traffico giornaliero medio nel ramo principale  $TGM_{maj}$  pari a 12.000 veicoli/giorno.

Classe rotatoria	FVGS
Classe 1	0,6 - 1,15
Classe 2	0,1 - 0,7
Classe 3	0,05 - 0,2

Tabella 4 – Frequenze incidentali per rotatorie con  $TGM_{maj} = 12000$  veicoli / giorno.

I risultati riportati in Tabella 4 mostrano con chiarezza che la frequenza incidentale nelle rotatorie è inferiore a quella degli altri tipi di intersezione a raso (Tabella 3). Inoltre si desume che la frequenza incidentale è molto più bassa nelle rotatorie di diametro esterno maggiore di 40 m. Quasi tutte le rotatorie analizzate nello studio sono state realizzate secondo le "Linee guida per la progettazione delle rotatorie sulla rete di competenza di FVG Strade" del 2009, le quali comprendono, oltre all'indicazione del diametro, che deve risultare compreso tra 40 e 60 m, anche un insieme di accorgimenti riguardanti la segnaletica orizzontale, verticale e luminosa, nonché indicazioni

geometriche di dettaglio; tutti questi elementi hanno portato a una marcata riduzione dell'incidentalità.

Tale risultato può essere interpretato come segue: la combinazione di criteri relativi alla geometria stradale e alla segnaletica orizzontale, verticale e luminosa adottati nelle rotatorie costruite sulla rete di competenza di Friuli Venezia Giulia Strade, hanno favorito la corretta percezione dell'intersezione da parte dell'utenza e quindi un appropriato comportamento di guida.

### 3.5. Formulazione analitica del modello predittivo per rotatorie

Si riporta di seguito l'espressione analitica del modello predittivo dell'incidentalità per le rotatorie, elaborato con le reti neurali:

$$f_j(inc/anno) = \left\{ \left\{ 0,300 \left[ \frac{2}{1 + e^{-2[0,158(\alpha-2) + (-0,211(0,00009\beta-1)) + (-0,117(0,00024(\gamma-1786)-1)) - 0,036]}} \right] + \right. \right.$$

$$\left. -1,183 \left[ \frac{2}{1 + e^{-2[0,844(\alpha-2) + (-1,343(0,00009\beta-1)) + (-0,499(0,00024(\gamma-1786)-1)) + 0,641]}} - 1 \right] + 0,061 \right\} + 1 \Big/ 1,500$$

dove:

- $\alpha$  corrisponde alla classe della rotatoria (1,2,3);
- $\beta$  corrisponde al TGM del ramo principale (veicoli/gg);
- $\gamma$  corrisponde al TGM del ramo secondario (veicoli/gg).

Con tale modello il progettista stradale potrà calcolare la frequenza incidentale nella rotatoria che sta studiando, in funzione dei flussi di traffico e della dimensione della rotatoria stessa.

## 4. Conclusioni

Lo studio ha inteso valutare quantitativamente gli effetti sull'incidentalità prodotti dalla trasformazione di intersezioni a raso esistenti, in rotatorie sulla rete di competenza di FVG Strade.

Si è verificato come, in linea generale, tali interventi abbiano dato luogo a un incremento delle condizioni di sicurezza, ovvero ad una netta riduzione della frequenza e della severità incidentali, oltre che a una maggiore fluidità della circolazione.

L'analisi quantitativa dell'incidentalità ante operam e post operam ha consentito, per mezzo delle reti neurali, di elaborare modelli predittivi della frequenza incidentale nelle intersezioni a raso a 3 o a 4 braccia, regolate da precedenza o semaforizzate, lineari a raso o rotatorie. I modelli sono stati calibrati e validati per strade extraurbane secondarie aventi caratteristiche geometriche e funzionali paragonabili a quelle delle strade di competenza di FVG strade, ovvero infrastrutture classificate ai sensi del codice della strada come strade regionali e statali.

I risultati della modellazione neurale, sulla base dei dati a disposizione, hanno evidenziato come la trasformazione di un'intersezione a raso in rotatoria dia luogo ad una netta diminuzione della frequenza incidentale, ed inoltre, come questa risulti sensibilmente diversa per le rotatorie di piccolo diametro rispetto a quelle di medio e grande diametro. In particolare emerge l'attitudine delle rotatorie di medio-grande diametro a ridurre fortemente il numero di incidenti, rispetto alle rotatorie di piccolo diametro.

Il punto d'arrivo dello studio può essere interpretato come il punto di partenza per la prosecuzione e per l'affinamento dell'attività di modellazione neurale condotta. Un possibile sviluppo potrebbe riguardare l'ampliamento della banca dati incidentale del FVG, sia per quanto riguarda le intersezioni a raso esistenti, che per le nuove realizzazioni di rotatorie (specialmente quelle scartate nel presente studio in quanto si disponevano di pochi anni di osservazione). Muovendosi in tal senso, sarà possibile validare o ricalibrare i modelli predittivi già messi a punto, come pure cercare un riscontro con quelli che nei prossimi anni saranno implementati nella seconda edizione dell'Highway Safety Manual. Compatibilmente con la completezza informativa della banca dati, si potrà ampliare la gamma dei modelli predittivi al fine, ad esempio, di correlare la frequenza incidentale esclusivamente con il numero di morti, piuttosto che di feriti gravi o lievi, o solamente con i danni materiali. Oltre all'utilizzo delle reti neurali artificiali, si segnala inoltre la possibilità di utilizzare la logica Fuzzy come strumento computazionale per modellare i dati di incidentalità.

Un ulteriore approfondimento può riguardare gli incidenti avvenuti durante la costruzione della rotatoria. Nell'analisi condotta in questo studio essi sono stati esclusi in quanto, nel corso dei lavori, la configurazione dell'intersezione non può essere considerata ed attribuita né alla precedente intersezione né alla rotatoria in costruzione; infatti, nella maggior parte dei casi il layout di cantiere e le deviazioni del traffico realizzate creano delle condizioni tali da non configurare nessuno dei due casi. Oltre a queste tipologie di analisi incidentale relative alle trasformazioni in rotatoria, si segnala che si sono registrate notevoli riduzioni della frequenza incidentale nei casi di recenti installazioni di autovelox fissi; gli effetti di tali provvedimenti potrebbero essere esaminati e studiati nei prossimi anni nella loro evoluzione temporale.

Lo studio dell'incidentalità può essere anche intrapreso con un'ottica diversa: valutare gli interventi di prevenzione sulla base delle risposte psicofisiche del conducente, dal momento che il fattore umano è la causa principale dei sinistri stradali; risulta quindi utile approfondire e completare lo studio del fenomeno dell'incidentalità attraverso un approccio innovativo, costituito dai simulatori di guida in ambiente virtuale.

## Bibliografia

- [1] Sascia Canale, Natalia M. Distefano, Salvatore Leonardi, *Progettare la sicurezza stradale*, EPC, 2009.
- [2] Linee guida per l'analisi di sicurezza delle strade, Ministero dei Lavori Pubblici, 2001.
- [3] PNSS, Piano Regionale Sicurezza Stradale, Tavole grafiche, 2005.
- [4] Highway Safety Manual, 2010.
- [5] Studio di valutazione dei Costi Sociali dell'incidentalità stradale, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2010.
- [6] N. R. Carlson, *Psychology of behavior*, 2nd edition, Allyn & Bacon, 1981.