



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



BOLZANO

25 settembre 2013

Convegno

“Il Trasporto di merci pericolose nell’arco Alpino”

Metodologia di analisi del rischio TMP

Giuseppe Pastorelli

Politecnico di Milano - Partner tecnico di Regione Lombardia



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



RAPPRESENTAZIONE FUNZIONALE

- ✓ Si introducono 4 pedici (i, j, k, m) che rappresentano le principali dipendenze funzionali dei parametri da:
 - arco stradale (i)
 - sostanza ADR trasportata (j)
 - scenario incidentale cui si associa una certa soglia e una conseguente area di danno (k)
 - tipologia e suscettibilità del bersaglio esposto (m)
- ✓ Esigenza di scomporre la formula e i suoi parametri “in fattori primi”



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



LA FORMULA DI CALCOLO DEL RISCHIO (1)

$$R_{Dest} = \sum R_i = \sum_i (P_{is,i} \times \sum_j (P_{ADR,ij} \times \sum_k (P_{sc,ijk} \times \sum_m (F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}))))))$$

R_{Dest} = rischio cumulato "Destination"
[morti/anno][m² con danni/anno][€ con danni/anno]

R_i = rischio cumulato riferito all'arco i -esimo
[morti/arco/anno][m² con danni/arco/anno]

$P_{is,i}$ = pericolosità intrinseca della strada riferita all'arco i -esimo
[veicoli circolanti incidentati/arco/anno]

$P_{ADR,ij}$ = probabilità che un incidente stradale coinvolga la j -esima sostanza ADR riferita all'arco i -esimo
[veicoli ADR incidentati/veicoli circolanti incidentati]



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



LA FORMULA DI CALCOLO DEL RISCHIO (2)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i (P_{is,i} \times \sum_j (P_{ADR,ij} \times \sum_k (P_{sc,ijk} \times \sum_m (F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}))))))$$

$P_{sc,ijk}$ = probabilità del k -esimo scenario incidentale con soglia e area di danno note che coinvolge la sostanza j -esima riferito all'arco i -esimo
[scenario incidentale/veicoli ADR incidentati]

$F_{p,m}$ = fattore di presenza/di peso dell' m -esimo bersaglio potenzialmente esposto
[AE presenti/AE potenzialmente esposti]
[m² equivalenti/m² potenzialmente esposti]

E_{ikm} = m -esimo bersaglio potenzialmente esposto al k -esimo scenario incidentale con soglia e area di danno note riferito all'arco i -esimo
[AE potenzialmente esposti/scenario incidentale]
[m² potenzialmente esposti/scenario incidentale]



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



LA FORMULA DI CALCOLO DEL RISCHIO (3)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

S_{km} = suscettibilità dell' m -esimo bersaglio
potenzialmente esposto al k -esimo scenario
incidentale con area e soglia di danno note (che
coinvolge la sostanza j -esima)
[morti/AE esposti][m² con danni/m² esposti]

$C_{ff,ikm}$ = capacità di far fronte relativa all' m -esimo bersaglio
potenzialmente esposto al k -esimo scenario
incidentale con area e soglia di danno note (che
coinvolge la sostanza j -esima) riferito all'arco i -
esimo
[-]



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



“UTILIZZO” DEI PEDICI (1)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

Pedice	Dipendenze “forti”	Dipendenze “eliminabili”	Dipendenze “svincolabili”
<i>i</i>	$R/P_{is}/P_{ADR}$	P_{sc}	E/C_{ff}
<i>j</i>	P_{ADR}/P_{sc}		
<i>k</i>	P_{sc}/S		E/C_{ff}
<i>m</i>	$F_p/E/S/C_{ff}$		



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



“UTILIZZO” DEI PEDICI (2)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

✓ Riepilogando:

- devono essere definiti per ogni arco stradale (*i*) due soli parametri di input: P_{is} e P_{ADR}
- devono essere definiti per ogni sostanza ADR modello (*j*) due parametri di input: P_{ADR} e P_{sc}
- la P_{sc} è una “funzione di trasferimento” utile a dissociare la sostanza ADR (*j*) dallo scenario incidentale associato (*k*) attraverso l’area di danno
- devono essere definiti per ogni bersaglio esposto (*m*) quattro parametri di input: F_p , E , S e C_{ff}



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



STRUTTURA DELLA FORMULA

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

- ✓ Formulazione di tipo lineare (somme e moltiplicazioni)
- ✓ Presenza di 4 sommatorie di aspetti singoli del fenomeno in sequenza logica
- ✓ Risultati intermedi quali “output” del modello tutti associabili all’arco stradale di riferimento:

$$P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right)$$

$$P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k P_{sc,ijk} \right)$$

$$\sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right)$$

$$\sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right)$$



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PERICOLOSITÀ INTRINSECA STRADA (P_{is})

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i (P_{is,i} \times \sum_j (P_{ADR,ij} \times \sum_k (P_{sc,ijk} \times \sum_m (F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}))))))$$

- ✓ Il parametro P_{is} (pericolosità intrinseca della strada) è un parametro funzione solo dell'arco stradale (pedice i) e può quindi essere considerato a tutti gli effetti un attributo della strada.
- ✓ Condivide l'unità di misura dell'incidentalità stradale (attributo della strada) e ne è funzione strettamente correlata:

$$P_{is} = Inc \times p_{terr}$$

$Inc =$ incidentalità stradale [incidenti/arco/anno]

$p_{terr} =$ fattore di aggravio per pericolosità territoriale (1,03-1,20) [-]



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ COINVOLGIMENTO ADR (P_{ADR}) (1)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

- ✓ Il parametro P_{ADR} (probabilità che un incidente stradale coinvolga il TMP) è un parametro funzione dell'arco stradale (pedice i) e della sostanza ADR trasportata (pedice j). Anch'esso può essere considerato un attributo della strada.
- ✓ Per sua natura sarà un vettore di dimensioni pari al numero di sostanze o tipologie di sostanze ADR che si intenderà gestire all'interno del SIIG. Tale vettore sarà costante in tutti i punti di un arco stradale compresi tra due intersezioni con altri archi.
- ✓ Il dato di incidentalità stradale storica non riporta informazioni specifiche sulla natura dei veicoli circolanti coinvolti e quindi non è nota a priori l'incidentalità dei veicoli ADR (e tanto meno delle singole sostanze trasportate)



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ COINVOLGIMENTO ADR (P_{ADR}) (2)

ID sostanza	Classe ADR	Numero Kemler	Numero ONU	Sostanza	Tipologia trasporto	Stato fisico	Condizione operativa	Tipologia contenitore
1	2	23	1049	Idrogeno compresso	Pressurizzato	Gas	250 bar	Bombole
2	2	25	1072	Ossigeno compresso	Pressurizzato	Gas	250 bar	Bombole
3	2	23	1075	Gas di petrolio liquefatto	Pressurizzato	Gas liquefatto	10 bar	Autobotte 20 m ³
4	2	263	1040	Ossido di etilene (+ azoto)	Pressurizzato	Gas liquefatto	10 bar	Autobotte 20 m ³
5	2	268	1005	Ammoniaca anidra	Pressurizzato	Gas liquefatto	30 bar	Bombole 50 l
6	2	225	1073	Ossigeno liquido refrigerato	Atmosferico	Gas liquefatto	1 bar	Autobotte 20 m ³
7	3	30	1202	Gasolio	Atmosferico	Liquido	1 bar	Autobotte 20 m ³
8	3	33	1203	Benzina	Atmosferico	Liquido	1 bar	Autobotte 20 m ³
9	3	336	1230	Metanolo	Atmosferico	Liquido	1 bar	Autobotte 20 m ³
10	6.1	63	2023	Epicloridrina	Atmosferico	Liquido	1 bar	Autobotte 20 m ³



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ SCENARIO INCIDENTALE (P_{sc}) (1)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

- ✓ Il parametro P_{sc} è un parametro funzione dell'arco stradale (pedice i), della sostanza ADR trasportata (pedice j) e di uno specifico scenario incidentale cui si associa una certa soglia e una conseguente area di danno (pedice k). Sebbene possa anch'esso essere considerato un attributo della strada, una serie di ovvie esigenze di semplificazione hanno suggerito di proporre di trascurare il legame funzionale con l'arco stradale.
- ✓ Secondo quest'ultima ipotesi, il parametro è funzione solo della sostanza ADR trasportata e di uno specifico scenario incidentale cui si associa una certa soglia e una conseguente area di danno e quindi è del tutto omogeneo (cioè assume gli stessi valori) per tutti gli archi stradali.



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ SCENARIO INCIDENTALE (P_{sc}) (2)

Tipologia/pericolosità sostanza	Scenario incidentale tipo associato	ID scenario
INFIAMMABILITÀ		
Liquido infiammabile	Pool Fire da liquido infiammabile	A
	Flash Fire da vapori liquido infiammabile	B
Liquido estremamente infiammabile	Pool Fire da liquido estremamente infiammabile	C
	Flash Fire da vapori liquido estremamente infiammabile	D
Gas estremamente infiammabile	Jet Fire di gas estremamente infiammabile	E
Gas liquefatto estremamente infiammabile	Fire Ball	F
ASFISSIA, COMBURENZA		
Gas comburente	Dispersione comburente	G
PERICOLOSITÀ PER L'AMBIENTE		
Liquido pericoloso per l'ambiente	Rilascio sul suolo e nelle acque	H
TOSSICITÀ		
Liquido tossico	Dispersione vapori da liquido tossico	I
Liquido refrigerato tossico	Dispersione vapori da liquido refrigerato tossico	L
Gas liquefatto tossico	Dispersione gas da gas liquefatto tossico	M



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ SCENARIO INCIDENTALE (P_{sc}) (3)

		ID scenario										
ID sostanza		A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M
1	Idrogeno compresso					1-E						
2	Ossigeno compresso							2-G				
3	Gas di petrolio liquefatto				3-D		3-F					
4	Ossido di etilene (+azoto)				4-D		4-F					4-M
5	Ammoniaca anidra		5-B								5-L	
6	Ossigeno liquido refrigerato							6-G				
7	Gasolio								7-H			
8	Benzina			8-C	8-D				8-H			
9	Metanolo	9-A	9-B							9-I		
10	Epicloridrina								10-H			



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ SCENARIO INCIDENTALE (P_{sc}) (4)

- ✓ Probabilità P_{sc} è data da:
 - perdita di contenimento e rilascio
 - di evento critico/secondario (es. incendio, esplosione, rilascio tossico)
- Area di danno (soglie di letalità e lesioni reversibili ed irreversibili in caso di danni per l'uomo o altre soglie in caso di danno a cose e all'ambiente)
- ✓ Il calcolo delle conseguenze avverrà mediante sovrapposizione delle aree di danno con opportune mappe di esposizione



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ SCENARIO INCIDENTALE (P_{sc}) (5)

Sostanza/ scenario	Tipologia contenitore	Evoluzione scenario	Perdita lieve	Perdita grave
1-E	pressurizzato	innesco immediato gas infiammabile	4,4E-03	4,9E-04
2-G	pressurizzato	dispersione gas comburente	9,0E-03	1,0E-03
3-D	pressurizzato	innesco ritardato vapori infiammabili	9,0E-05	1,0E-05
3-F	pressurizzato	BLEVE gas liquefatto	9,0E-07	1,0E-07
4-D	pressurizzato	innesco ritardato vapori infiammabili	9,0E-05	1,0E-05
4-F	pressurizzato	BLEVE gas liquefatto	9,0E-07	1,0E-07
4-M	pressurizzato	dispersione gas tossico	9,0E-03	1,0E-03
5-B	pressurizzato	innesco ritardato vapori infiammabili	9,0E-05	1,0E-05
5-L	pressurizzato	dispersione gas tossico	9,0E-03	1,0E-03
6-G	atmosferico	dispersione gas comburente	9,0E-02	1,0E-02
7-H	atmosferico	rilascio in fase liquida	9,0E-02	1,0E-02
8-C	atmosferico	innesco immediato liquido infiammabile	5,9E-03	6,5E-04
8-D	atmosferico	innesco ritardato vapori infiammabili	9,0E-04	1,0E-04
8-H	atmosferico	rilascio in fase liquida	9,0E-02	1,0E-02
9-A	atmosferico	innesco immediato liquido infiammabile	5,9E-03	6,5E-04
9-B	atmosferico	innesco ritardato vapori infiammabili	9,0E-04	1,0E-04
9-I	atmosferico	dispersione gas tossico	9,0E-02	1,0E-02
10-H	atmosferico	rilascio in fase liquida	9,0E-02	1,0E-02



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ SCENARIO INCIDENTALE (P_{sc}) (6)

ID scenario e scenario incidentale tipo		Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili
A	Pool Fire da liquido infiammabile	12,5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
B	Flash Fire da vapori liquido infiammabile	LFL	½ LFL		
C	Pool Fire da liquido estremamente infiammabile	12,5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
D	Flash Fire da vapori liquido estremamente infiammabile	LFL	½ LFL		
E	Jet Fire di gas estremamente infiammabile	12,5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
F	Fire Ball	Raggio <i>fireball</i>	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²
G	Dispersione comburente	da definire	da definire	da definire	da definire
H	Rilascio sul suolo e nelle acque				
I	Dispersione vapori da liquido tossico	LC50 (30min,hmn)		IDLH	
L	Dispersione vapori da liquido refrigerato tossico	LC50 (30min,hmn)		IDLH	
M	Dispersione gas da gas liquefatto tossico	LC50 (30min,hmn)		IDLH	



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PROBABILITÀ SCENARIO INCIDENTALE (P_{sc}) (7)

- ✓ Probabilità P_{sc} in teoria dipende da arco stradale:
 - orografia
 - presenza di ostacoli presso sorgente di rilascio
 - turbolenza dell'atmosfera
- ✓ Si adotta una semplificazione mediante tipizzazione di scenari cautelativi:
 - presenza di ostacoli
 - condizioni atmosferiche (classe di stabilità e velocità del vento)



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



FATTORE PRESENZA (F_p) - ESPOSIZIONE (E) (1)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

- ✓ Il parametro E (bersagli potenzialmente esposti) è funzione dell'arco stradale (pedice i), di uno specifico scenario incidentale cui si associa una certa soglia e una conseguente area di danno (pedice k) ed è tipico di uno specifico bersaglio esposto (pedice m)
- ✓ Il parametro F_p (fattore di presenza/di peso) è tipico di uno specifico bersaglio esposto (pedice m) e varia in funzione dello scenario temporale per i soli bersagli umani
- ✓ È possibile definire più mappe dei bersagli svincolate dall'arco stradale. La dipendenza viene ricostruita a posteriori mediante sovrapposizione (intersezione) con le aree di danno



Le opportunità non hanno confini

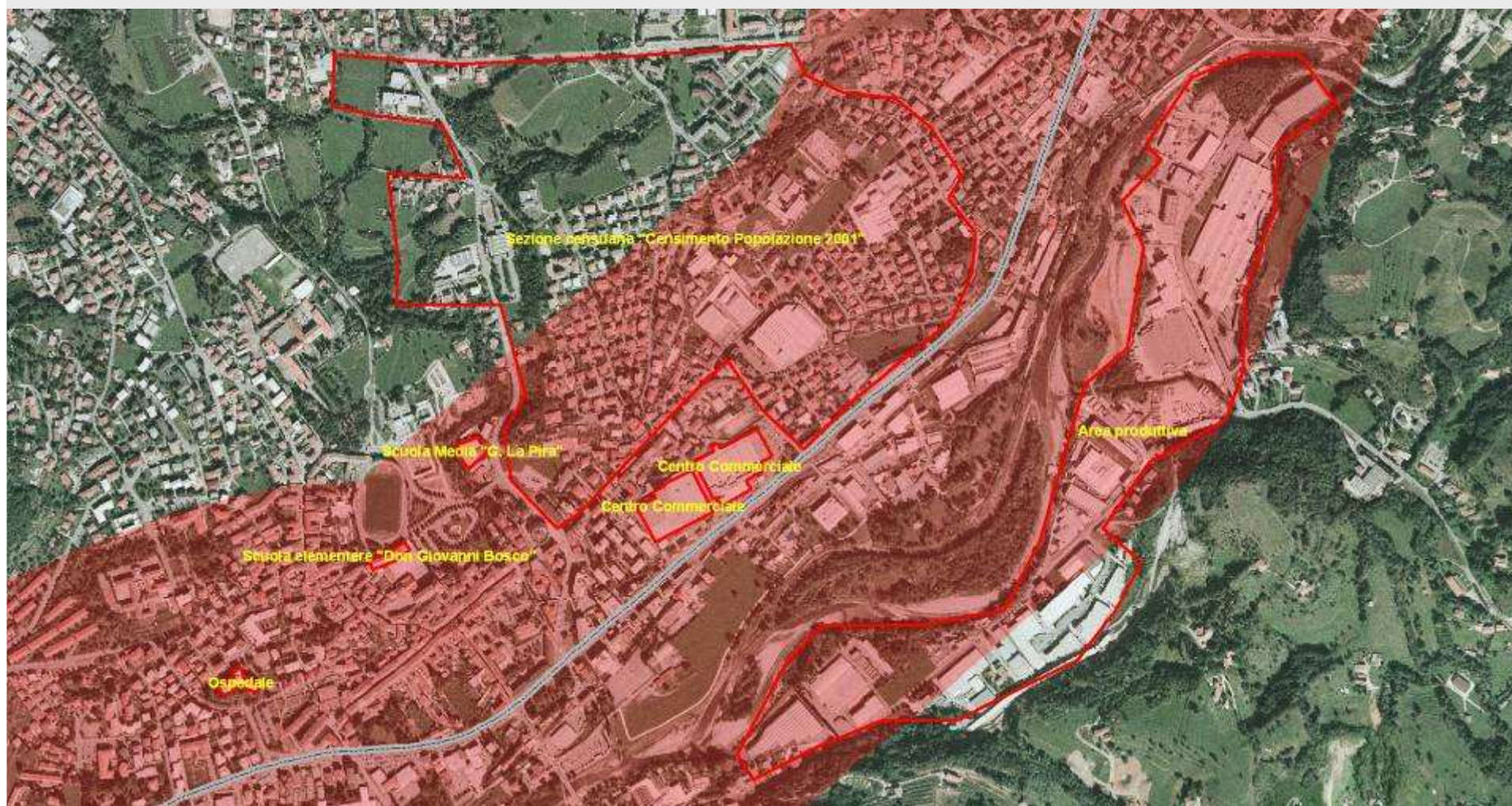


FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



FATTORE PRESENZA (F_p) - ESPOSIZIONE (E) (2)



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



FATTORE PRESENZA (F_p) - ESPOSIZIONE (E) (3)

- ✓ bersagli umani (espressi in AE), da articolarsi in:
 - popolazione residente e turistica
 - addetti dell'industria e dei servizi
 - addetti e utenti delle strutture sanitarie
 - addetti e utenti delle strutture scolastiche
 - addetti e utenti delle strutture della media e grande distribuzione
 - utenti della strada
- ✓ bersagli non umani (espressi in m^2), da articolarsi in:
 - strutture (anche beni culturali)
 - aree boscate
 - aree agricole
 - acque superficiali
 - + aree protette e acque sotterranee (pozzi)



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



FATTORE PRESENZA (F_p) - ESPOSIZIONE (E) (4)

- ✓ La mappatura cartografica in ambiente GIS delle banche-dati disponibili o costruite per l'occasione consente di creare opportune mappe dei bersagli
- ✓ Il SIIG non si deve far carico di elaborare nessuna di queste mappe che vengono caricate nel SIIG *una tantum* e aggiornate quando necessario
- ✓ Il SIIG si deve invece far carico di calcolare le intersezioni tra mappa dei bersagli e aree di danno e quindi calcolare l'esposizione potenziale per ogni scenario incidentale e per ogni arco stradale



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



FATTORE PRESENZA (F_p) - ESPOSIZIONE (E) (5)

ID scenario e scenario incidentale tipo		Uomo	Strutture	Aree boscate	Aree protette	Aree agricole	Acque sotterranee	Acque superficiali
A	Pool Fire da liquido infiammabile							
B	Flash Fire da vapori liquido infiammabile							
C	Pool Fire da liquido estremamente infiammabile							
D	Flash Fire da vapori liquido estremamente infiammabile							
E	Jet Fire di gas estremamente infiammabile							
F	Fire Ball							
G	Dispersione comburente							
H	Rilascio sul suolo e nelle acque							
I	Dispersione vapori da liquido tossico							
L	Dispersione vapori da liquido refrigerato tossico							
M	Dispersione gas da gas liquefatto tossico							



Le opportunità non hanno confini



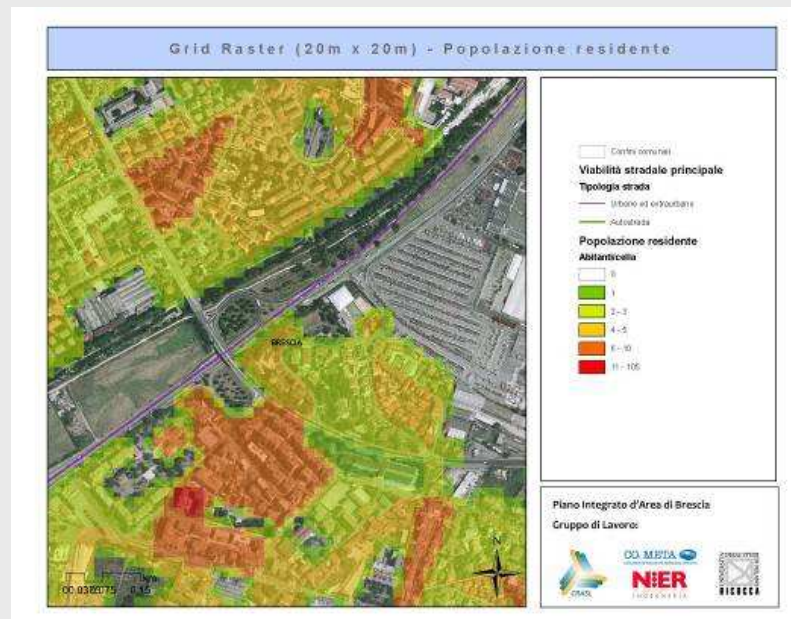
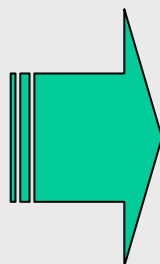
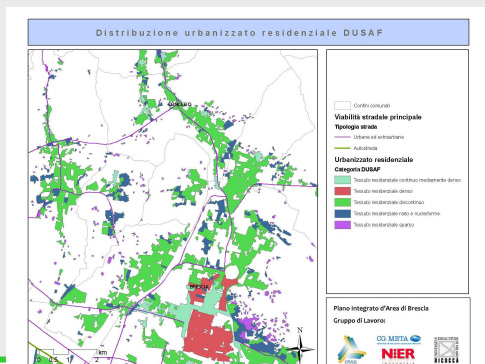
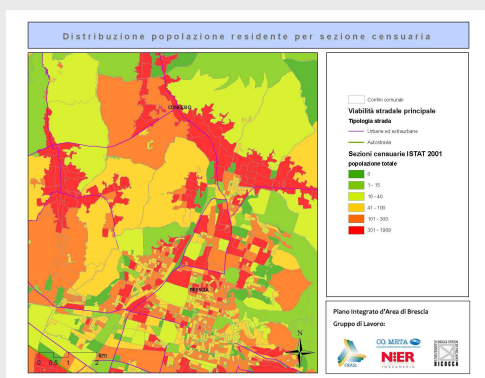
FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ESPOSIZIONE - BERSAGLI UMANI (1)

- Il dato di popolazione residente su sezione censuaria viene distribuito prima sull'uso del suolo, poi sul grigliato vettoriale di dimensione predefinita.



Le opportunità non hanno confini



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

ESPOSIZIONE - BERSAGLI UMANI (2)

- **Strutture dell'istruzione**

Cartografia Mosaico degli strumenti urbanistici comunali (MISURC)



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ESPOSIZIONE - BERSAGLI NON UMANI (1)

- ✓ **Basi dati:**
 - banche dati uso del suolo (strutture, aree boscate, aree agricole)
 - perimetrazione aree protette
 - cartografia corpi idrici
 - cartografia pozzi
- ✓ **Un bersaglio esclude l'altro, ma aree protette e corpi idrici/pozzi possono sovrapporsi ad altri layer**



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ESPOSIZIONE - BERSAGLI NON UMANI (2)

Legenda DUSAF e CORINE Land Cover (I e II livello)		Strutture	Aree boscate	Aree agricole	Acque superficiali
1 - Aree antropizzate					
11	Zone urbanizzate				
12	Insediamenti produttivi, grandi impianti e reti di comunicazione				
13	Aree estrattive, discariche, cantieri, terreni artefatti e abbandonati				
14	Aree verdi non agricole				
2 - Aree agricole					
21	Seminativi				
22	Colture permanenti				
23	Prati stabili				
3 - Territori boscati e ambienti seminaturali					
31	Aree boscate				
32	Ambienti con vegetazione arbustiva e/o erbacea in evoluzione				
33	Zone aperte con vegetazione rada ed assente				
4 - Aree umide					
41	Aree umide interne				
5 - Corpi idrici					
51	Acque interne				



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



SUSCETTIBILITÀ (S) (1)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

- ✓ Il parametro S è funzione di uno specifico scenario incidentale cui si associa una certa soglia e una conseguente area di danno (pedice k) ed è tipico di uno specifico bersaglio esposto (pedice m). È quindi uno dei pochi parametri non specifici del sito ma valido su tutto il territorio di interesse
- ✓ Rappresenta il fatto che non tutti i bersagli potenzialmente esposti subiscono effettivamente il danno



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



SUSCETTIBILITÀ (S) (2)

- ✓ Nel caso dei bersagli umani, ciò può essere dovuto al fatto che i soggetti esposti sono in qualche modo protetti (ad es. si trovano al chiuso e non all'aperto) ovvero al fatto che l'evento non ha la stessa probabilità di evolvere in tutte le direzioni (incendi stazionari ed esplosioni), ma assume direttrici particolari anche se non necessariamente privilegiate (come è il caso delle nubi tossiche che evolvono in accordo con le condizioni atmosferiche del momento)
- ✓ Nel caso dei bersagli non umani, oltre alla tipologia di scenario incidentale, esempi di differente suscettibilità possono essere quelli connessi alla differente vulnerabilità degli acquiferi o al diverso profilo pirologico delle foreste
- ✓ Il SIIG non si deve far carico di elaborare nessuno di questi valori che vengono caricati *una tantum* nel SIIG stesso



Le opportunità non hanno confini



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



SUSCETTIBILITÀ (S) (3)

$$S = f_g \times f_p \times f_d$$

✓ bersagli umani:

- f_g = fattore di gravità [morti/AE non protetti]
- f_p = fattore di protezione [AE non protetti/AE interessati]
- f_d = fattore di direzionalità [AE interessati/AE esposti]

✓ bersagli non umani:

- f_g = fattore di gravità [m² con danni/m² non protetti]
- f_p = fattore di protezione [m² non protetti/m² interessati]
- f_d = fattore di direzionalità [m² interessati/m² esposti]



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



SUSCETTIBILITÀ (S) (4)

ID scenario e scenario incidentale tipo		Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili
A	Pool Fire da liquido infiammabile	$0,89 \times 0,25 \times 1,000 =$ 0,2225		$0,38 \times 0,25 \times 1,000 =$ 0,0950	$0,014 \times 0,25 \times 1,000 =$ 0,0035
C	Pool Fire da liquido estremamente infiammabile				
B	Flash Fire da vapori liquido infiammabile	$1,00 \times 0,25 \times 1,000 =$ 0,2500		$0,63 \times 0,25 \times 1,000 =$ 0,1575	
D	Flash Fire da vapori liquido estremamente infiammabile				
E	Jet Fire di gas estremamente infiammabile	$0,89 \times 0,25 \times 0,125 =$ 0,0278		$0,38 \times 0,25 \times 0,125 =$ 0,0119	$0,014 \times 0,25 \times 0,125 =$ 0,0004
F	Fire Ball	$1,00 \times 1,00 \times 1,000 =$ 1,0000		$0,63 \times 1,00 \times 1,000 =$ 0,6300	$0,015 \times 1,00 \times 1,000 =$ 0,0150
G	Dispersione comburente	da definire		da definire	da definire
H	Rilascio sul suolo e nelle acque				
I	Dispersione vapori da liquido tossico	$0,90 \times 0,25 \times 0,125 =$ 0,0281		$0,12 \times 0,25 \times 0,125 =$ 0,0038	$0,003 \times 0,25 \times 0,125 =$ 0,0001
L	Dispersione vapori da liquido refrigerato tossico				
M	Dispersione gas da gas liquefatto tossico				



Le opportunità non hanno confini



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



CAPACITÀ DI FAR FRONTE (C_{ff}) (1)

$$R_{Dest} = \sum_i R_i = \sum_i \left(P_{is,i} \times \sum_j \left(P_{ADR,ij} \times \sum_k \left(P_{sc,ijk} \times \sum_m \left(F_{p,m} \times E_{ikm} \times S_{km} \times (1 - C_{ff,ikm}) \right) \right) \right) \right)$$

- ✓ Il parametro C_{ff} è funzione dell'arco stradale (pedice i), di uno specifico scenario incidentale cui si associa una certa soglia e una conseguente area di danno (pedice k) ed è tipico di uno specifico bersaglio esposto (pedice m)
- ✓ Rappresenta il fatto che il territorio può essere dotato di proprie risorse di resilienza in grado di garantire una effettiva riduzione dei rischi riguardanti determinati bersagli a fronte di determinati scenari incidentali
- ✓ Vengono proposti due metodi di caratterizzazione del parametro C_{ff} sviluppati in ambito regionale lombardo e piemontese
- ✓ Il SIIG non si deve far carico di elaborare nessuna di queste mappe o valori di resilienza che vengono caricati nel SIIG *una tantum* e aggiornati quando necessario

Le opportunità non hanno confini





FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



CAPACITÀ DI FAR FRONTE (C_{ff}) – LOMBARDIA (1)

- **Resilienza del territorio (7 risorse, 8 indicatori):**
 - presenza di gruppi di Protezione Civile (PC: volontari, comunali, intercomunali);
 - disponibilità di Piani di Emergenza Comunali (PEC);
 - distribuzione sul territorio dei punti 118 di partenza soccorsi con valutazione:
 - del tempo di arrivo di un'ambulanza dal punto 118 più vicino;
 - del numero di ambulanze che possono raggiungere la cella in 10 min dalla segnalazione;
 - distribuzione sul territorio dei comandi/distaccamenti dei Vigili del Fuoco (VVF): anche in questo caso viene valutato il tempo di arrivo dal distaccamento più vicino;
 - distribuzione sul territorio di stazioni/caserme delle forze dell'ordine: di nuovo viene valutato il tempo di arrivo dalla stazione di Polizia di Stato o dalla caserma dei Carabinieri più vicina;
 - distribuzione sul territorio dei dipartimenti/laboratori delle Agenzie Regionali/Provinciali di Protezione dell'Ambiente (ARPA) con valutazione del tempo di arrivo dal distaccamento più vicino;
 - distribuzione sul territorio di ospedali e presidi di Pronto Soccorso con valutazione del tempo di trasporto al presidio ospedaliero più vicino



Le opportunità non hanno confini

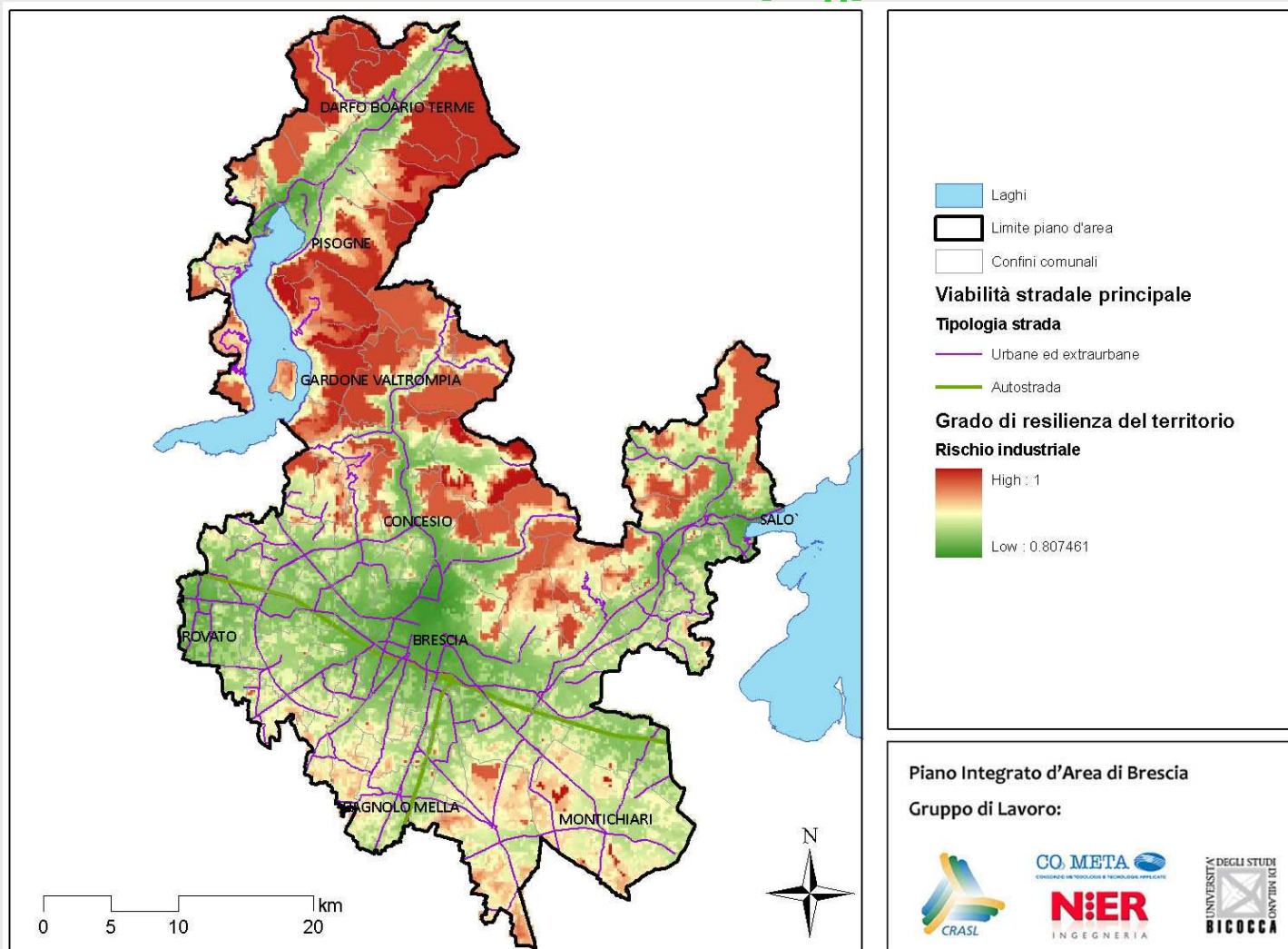


FESR

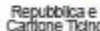
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



CAPACITÀ DI FAR FRONTE (C_{ff}) – LOMBARDIA (2)



Le opportunità non hanno confini



CAPACITÀ DI FAR FRONTE (C_{ff}) – PIEMONTE

- Il metodo “Regione Piemonte” elabora un valore del parametro C_{ff} su base provinciale che si basa su un questionario teso a valutare in modo sistematico le diverse risorse di resilienza definite “componenti” della capacità di far fronte scomposte nei loro attributi specifici chiamati “fattori di interesse” (alcuni di tipo generale, come risorse finanziarie, strumentali ed umane, altri di tipo specifico)
 - Sistema di monitoraggio:
 - tipologia del sistema (preventivo, evolutivo, manuale o strumentale), degli elementi (indicatori, precursori o soglie di allertamento) e del grado di interconnessione con il sistema di allertamento;
 - Sistema di allertamento:
 - tipologia di attivazione (manuale o strumentale) e dei livelli di attenzione, preallarme, allarme, emergenza;
 - Misure di protezione della popolazione:
 - formazione, informazione, della popolazione e degli operatori, esistenza di un piano di protezione civile di qualità e di procedure operative per le misure di protezione specifiche, pronto intervento tecnico dei VVFF, pronto intervento sanitario;
 - Misure di protezione delle infrastrutture e dei servizi:
 - ..., pronto intervento ambientale;
 - Supporto assistenziale:



assistenza alloggiativa, alimentare, sanitaria e socio assistenziale
 (igienico-sanitaria, farmaceutica, psicologica, psichiatrica, religiosa,
 scolastica)



FESR

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



<http://www.regione.piemonte.it/ambiente/destination>

Laboratorio Mobilità e Trasporti
Dipartimento del Design - Politecnico di Milano
Tel. 02 2399 5846
Fax. 02 2399 5912
E-mail: info.trasporti@polimi.it
Web: www.trasporti.polimi.it



Le opportunità non hanno confini

25/09/2013