



Schema di Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni

Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010

Allegato 3

Elaborazione ed aggregazione dei dati per l'ordinamento e la gerarchizzazione delle aree a rischio

22 GIUGNO 2014





Data	Creazione:	Modifica:
Tipo		
Formato	Microsoft Word – dimensione: pagine 25	
Identificatore	6 RELAZIONE DI PIANO 9 maggio.doc	
Lingua	it-IT	
Gestione dei diritti		CC-by-nc-sa



Piano di Gestione del rischio di alluvioni



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale



Indice

1.	Introduzione	1
2.	Metodologia per l'ordinamento delle aree a rischio	1
2.1.	Suddivisione del bacino in unità di analisi	3
2.2.	Calcolo di sub-indici di valutazione in ogni unità di analisi	3
	Tematismi di tipo areale	9
	Tematismi di tipo lineare	12
2.3.	Calcolo di un indice di gerarchizzazione in ogni unità di analisi mediante aggregazione dei sub-indici di valutazione	13
2.4.	Calcolo di un "indice di gerarchizzazione delle ARS"	15
3.	Risultati	17



1. Introduzione

Il quadro del rischio complessivo che emerge dalle mappe è formato da un numero molto elevato di elementi a rischio, sia di tipo areale, sia di tipo puntuale o lineare per cui è necessario procedere al loro ordinamento e gerarchizzazione in sottoinsiemi in relazione al più appropriato livello territoriale di gestione.

Si manifesta infatti la necessità non solo di pianificare e programmare adeguate misure di gestione ma anche di individuare le strutture tecniche ed amministrative di riferimento per la loro attuazione.

Il presente documento descrive la metodologia messa a punto per lo svolgimento delle attività di riorganizzazione, rielaborazione e verifica dei dati sulla pericolosità e rischio da alluvione per l'ordinamento e la gerarchizzazione delle aree a rischio di alluvione

L'attività ha avuto l'obiettivo principale di predisporre strumenti utili a rappresentare in modo integrato le condizioni di rischio rispetto alle diverse realtà territoriali, a supportare efficacemente il loro confronto e la loro gerarchizzazione a livello di distretto. In secondo luogo ha consentito di individuare in via preliminare le aree a rischio potenziale significativo ARS sulle quali il Piano di gestione dovrà prioritariamente concentrare la propria attenzione al fine di individuare azioni per la mitigazione delle condizioni di rischio presenti.

L'ordinamento delle aree a rischio è stato realizzato realizzando mettendo a sistema e analizzando due tipologie di dati:

- le informazioni esistenti prodotte nell'ambito della predisposizione delle mappe di rischio e della pericolosità ai sensi della Direttiva "alluvioni"
- altre informazioni con valenza almeno regionale reperite principalmente presso le Regioni, l'ISTAT, il Ministero dello sviluppo economico e la Protezione civile

2. Metodologia per l'ordinamento delle aree a rischio

La metodologia per l'ordinamento delle aree a rischio prevede lo svolgimento delle seguenti fasi di lavoro, illustrate sinteticamente in Figura 1 e descritte dettagliatamente nei paragrafi successivi:

- Suddivisione del bacino del fiume Po in unità di analisi (nell'applicazione qui proposta si è scelto di utilizzare celle quadrate appartenenti ad una griglia che copre l'intero bacino);
- Calcolo, in ogni unità di analisi (cella), di sub-indici di valutazione relativi ai dati prescelti (riferiti alla pericolosità, alle classi di rischio ed agli elementi esposti presenti nelle unità di analisi);
- Calcolo, in ogni cella, di un "indice di gerarchizzazione delle unità di analisi" (IG_U), volto all'aggregazione (o analisi congiunta) delle informazioni fornite dai sub-indici di valutazione messi a punto in (b);
- Individuazione di "ARS potenziali" mediante il calcolo di un "indice di gerarchizzazione delle ARS" (IG_ARS), selezionando e sommando celle contigue il cui "indice di gerarchizzazione" (IG_U) è superiore ad una soglia stabilita;
- Individuazione definitiva delle ARS selezionando le sole "ARS potenziali" il cui indice di gerarchizzazione (IG_ARS) supera una soglia stabilita. Direttiva 2007/60/CE - Direttiva alluvioni

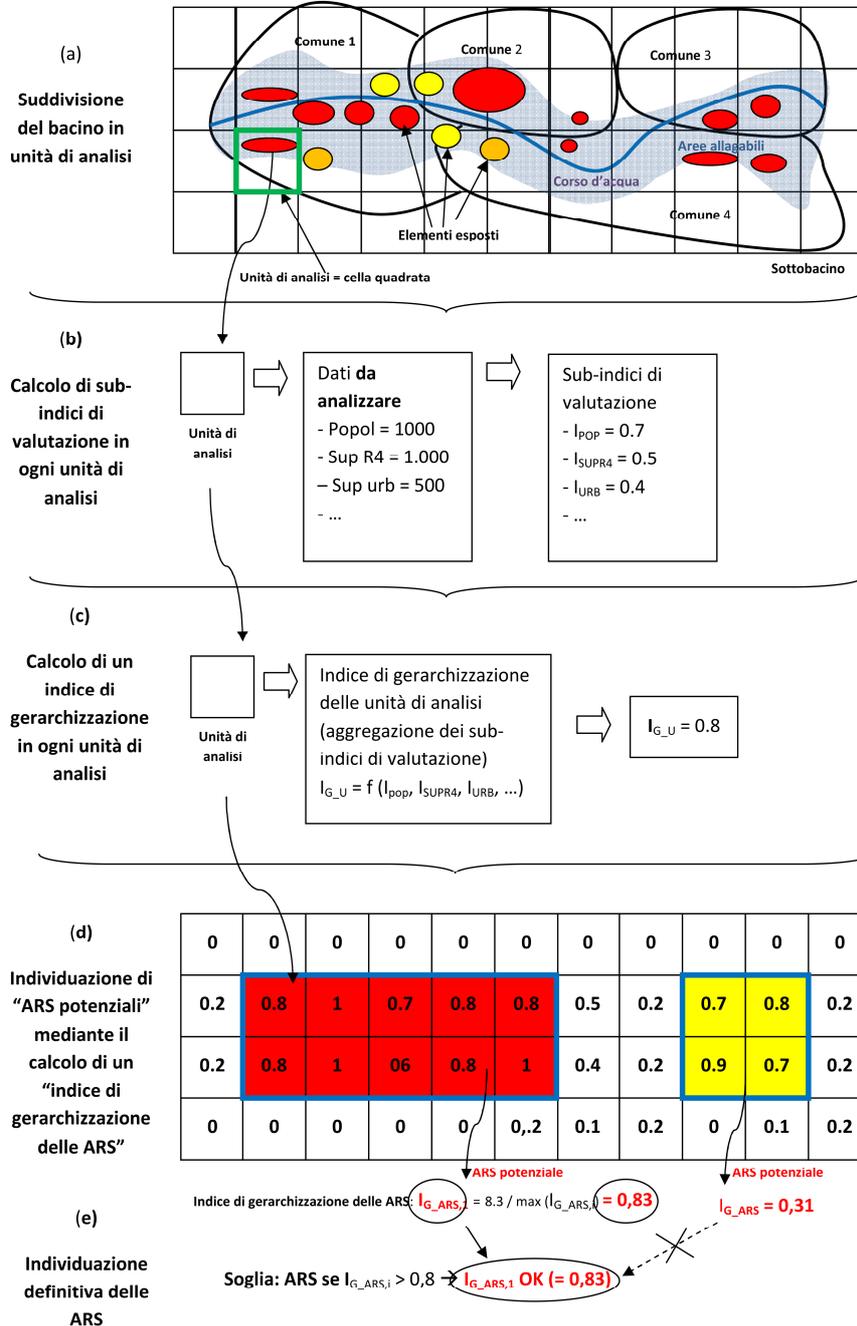


Figura 1 – Fasi della metodologia di lavoro per l'individuazione delle ARS: esempio relativo ad un sottobacino costituito da 4 Comuni, entro cui scorre un corso d'acqua che causa inondazioni, le quali vanno ad insistere su beni esposti a cui sono state attribuite classi di rischio (colori, nell'esempio) differenti. Nel caso in esame il sottobacino è stato suddiviso in unità di analisi costituite da celle quadrate appartenenti ad una griglia. Per ogni cella si calcola un "indice di gerarchizzazione delle unità di analisi" ($I_{G,U}$). Le "ARS potenziali" sono individuate selezionando celle contigue il cui indice di gerarchizzazione $I_{G,U}$ è superiore ad una soglia stabilita (es. 0.7). L'individuazione definitiva delle ARS avviene calcolando un "indice di gerarchizzazione delle ARS" ($I_{G,ARS}$) per ogni "ARS potenziale" e selezionando solo quelle il cui indice $I_{G,ARS}$ supera una soglia stabilita (es. 0,8).



primario per valutare la significatività di un area sottoposta a rischio di alluvioni rispetto ad un'altra;

- è inoltre necessario tener conto del fatto che un territorio può potenzialmente essere soggetto a più tipologie di alluvione (generate da ambiti diversi o dal medesimo ambito tra RP-Reticolo Principale, RSCM-Reticolo Secondario Montano Collinare, RSP-Reticolo Secondario di Pianura, ACL-Ambito Costiero Lacuale, ACM-Ambito Costiero Marino) e deve quindi essere considerato maggiormente prioritario rispetto ad un territorio potenzialmente soggetto ad un solo tipo di alluvione;
- è infine utile considerare il fatto che la mappa del rischio è costituita non solo da elementi areali (a cui si riferisce l'analisi delle classi di rischio R4, R3, R2 ed R1 sopra citata) ma anche da elementi puntuali e lineari: la priorità di un territorio rispetto ad un altro in termini di rischio deve quindi analizzare anche la distribuzione di questi elementi nelle diverse aree allagabili.

I criteri di analisi che derivano dalle considerazioni sopra esposte, tradotti successivamente nei rispettivi su-indici di valutazione, sono i seguenti (facendo riferimento alla tipologia di elementi esposti elencati in Tabella):

1. la priorità deve aumentare all'accrescersi della "popolazione esposta" che ricade nelle aree allagabili P3 (alluvioni frequenti – H) presenti nella cella stessa e, con importanza decrescente, nelle aree P2 e P1 (alluvioni rare, M, e molto rare, L);
2. la priorità deve aumentare all'accrescersi dell'estensione delle "aree classificate come R4" presenti nella cella di analisi e, con importanza decrescente, nelle aree R3, R2, R1;
3. la priorità deve aumentare all'accrescersi dell'estensione delle "aree presenti nella cella di analisi che possono essere interessate da più fenomeni alluvionali" e all'aumentare della classe di rischio associata ad ognuna di esse;
4. la priorità deve aumentare all'accrescersi della lunghezza delle "infrastrutture strategiche lineari" che ricadono nelle aree P3 presenti nella cella di analisi e, con importanza decrescente, nelle aree P2 ed P1;
5. la priorità deve aumentare all'accrescersi del numero delle "strutture strategiche e sedi di attività collettive" che ricadono nelle aree P3 e, con importanza decrescente, nelle aree P2 ed P1;
6. la priorità deve aumentare all'accrescersi del numero degli "insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale e aree potenzialmente interessate" che ricadono nelle aree P3 e, con importanza decrescente, nelle aree P2 ed P1.

Si noti che nei criteri sopra riportati non è esplicitato il fatto che la priorità dovrebbe aumentare anche all'accrescersi del numero dei "beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse" presenti nelle aree P3 e, con importanza decrescente, nelle aree P2 ed P1; di questo principio se ne tiene conto implicitamente con il secondo criterio, per il quale la priorità aumenta con l'estensione delle aree classificate come R4 e a decrescere R3, R2, R1, nelle quali sono comprese la tipologie di bene esposto di tipo ambientale, storico e culturale.

A questa prima impostazione metodologica, basata sulle specifiche di elaborazione dei dati predisposte dall'Autorità di bacino per la predisposizione della mappa del rischio, è poi seguita una valutazione di fattibilità applicativa sulla base della reale disponibilità ed omogeneità dei dati presenti nelle mappe di rischio e pericolosità predisposte dalle diverse Regioni, che nell'insieme compongono le mappe relative all'intero distretto.

Tale analisi ha messo in evidenza che le mappe del rischio regionali risultano essere non pienamente omogenee e confrontabili tra loro, a causa delle differenti fonti di dato utilizzate dalle Regioni, e che la suddetta disomogeneità riguarda anche le informazioni necessarie per l'applicazione dei criteri di analisi sopra esposti.



Si è pertanto reso necessario modificare e adattare i criteri di analisi al fine di tener conto di tali discrepanze, modificando parzialmente il criterio in funzione del dato disponibile o in alcuni eliminandolo completamente per l'impossibilità di poter analizzare dati pienamente comparabili o presenti sull'intero distretto.

In particolare si è rilevato che (con riferimento alla numerazione dei criteri sopra indicata):

- 1.bis Criterio "*popolazione esposta*": confermato. Al criterio corrisponde il sub-indice $G_{pop,i}$ descritto più sotto;
- 2.bis Criterio "*utilizzo delle classi di rischio*"; la mappa del rischio, essendo stata relizzata conformemente agli Indirizzi operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni MATTM, non esplicita adeguatamente le aree in cui l'incolumità delle persone è messa a rischio e l'impatto socio-economico è significativo, avendo assegnato classi di danno alte a numerose categorie di elementi esposti.

Si rilevano inoltre disomogeneità tra le Regioni nel trattare il medesimo elemento esposto nelle mappe del rischio; in alcuni casi l'elemento manca, in altri è presente sia in formato poligonale che lineare o puntuale non sempre coerenti tra loro, in altri il formato è lo stesso ma l'informazione associata è differente (si veda il caso delle scuole o degli insediamenti ospedalieri, a volte individuati come singoli edifici e a volte come unico complesso). Questa discrepanza non permette di utilizzare tutti gli elementi esposti presenti nella mappa del rischio al fine di quantificare l'estensione della classe di rischio del bene.

Per ovviare a quanto ora esposto il criterio di analisi è stato modificato considerando una sottoparte dei beni esposti i cui dati associati sono maggiormente significativi e omogenei sull'intero distretto, ossia il "tessuto residenziale" e le "attività produttive" in particolare quelli in classe di danno D4; si è infatti valutato utile selezionare una parte degli elementi che appartengono alle due tipologie di bene esposto sopra indicate (si veda Tabella) utilizzando solo quelle che rientrano nella classe di danno D4, al fine di individuare le ARS sulla base dei principali, in termini di danno, elementi esposti presenti nel distretto, così da facilitare la scrematura di situazioni simili. Il criterio prevede quindi che la priorità deve aumentare all'accrescersi dell'estensione delle aree classificate come "tessuto residenziale" e "attività produttive" in classe di danno D4 che ricadono nella classe di rischio R4 presenti nella cella di analisi e, con importanza decrescente, che ricadono nelle aree R3, R2 (la classe R1 non è mai associata alla classe di danno D4 in virtù delle matrici di correlazione Rischio-Pericolosità-Danno utilizzate durante la predisposizione della mappa del rischio). Al criterio corrisponde il sub-indice GR_{i} descritto più sotto

- 3.bis Criterio "*aree interessate da più fenomeni alluvionali*": criterio confermato ma modificato. Nella mappa della pericolosità sono rappresentate contemporaneamente le aree allagabili generate dai 5 ambiti considerati (RP, RSCM, RSP, ACL, ACM); questo comporta che una medesima area può essere interessata da più poligoni sovrapposti in relazione al numero di cause (ambiti) dell'allagamento. Tale scelta si ripercuote nella mappa del rischio, nella quale ad ogni elemento esposto possono essere associate più classi di rischio in funzione della frequenza di allagamento e della tipologia di ambito che genera l'inondazione. L'individuazione in ambito GIS dei poligoni generati dalla medesima tipologia di ambito non è però eseguibile in modo automatizzato a causa della mancanza di elementi nel database associato che permettano tale differenziazione. Il criterio si applica pertanto alle sole sovrapposizioni generate da ambiti diversi. Inoltre si è ritenuto non essenziale, seppur concettualmente corretto, differenziare ulteriormente le aree soggette a diverse tipologie di allagamento sulla base della classe di rischio generata da ogni ambito: il criterio valuta quindi solo la superficie delle aree sovrapposte e la mette in relazione con il numero di sovrapposizioni presenti. Il criterio prevede quindi che la priorità deve aumentare all'accrescersi dell'estensione delle aree sovrapposte e del numero di sovrapposizioni che le generano all'interno di ogni cella. Al criterio corrisponde il sub-indice $G_{Multi_R,i}$ descritto più sotto;



- 4.bis Criterio “*infrastrutture strategiche*” lineari: confermato ma modificato. Come messo in evidenza in APPENDICE, tale informazione è rappresentata in modo differenziato e non comparabile direttamente tra le diverse Regioni. In alcuni casi l'informazione manca, in altre è di tipo lineare, in altri poligonale e in altri sia lineare che poligonale ma con presenza di differenze tra le due informazioni. Considerata l'importanza di tali elementi si è in ogni caso deciso di elaborare i dati disponibili al fine di rendere più omogenee possibili le informazioni che ne derivano, ricostruendo inoltre il dato in caso di presenza di lacune informative. Considerata però la mancanza in alcuni casi delle informazioni relative alle “Reti per la distribuzione dei servizi”, il criterio modificato si riferisce esclusivamente alla “Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori”. Al criterio corrisponde il sub-indice $G_{ISL,i}$ descritto più sotto;
- 5.bis Criterio “*strutture strategiche e sedi di attività collettive*”: ”: il criterio risulta inapplicabile in quanto le informazioni presenti nella mappa del rischio non sono omogenee e non coprono l'intero distretto;
- 6.bis Criterio “*insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale e aree potenzialmente interessate*”: il criterio risulta inapplicabile in quanto le informazioni presenti nella mappa del rischio non sono omogenee e non coprono l'intero distretto.

I criteri di analisi utilizzati nella presente metodologia sono pertanto i primi quattro sopra elencati; per ognuno di essi si è proceduto a tradurre il criterio nel relativo sub-indice di valutazione utilizzando come struttura di calcolo la “somma pesata”, in particolare dell'estensione, areale o lineare, degli elementi esposti presenti nella cella di analisi, con peso (importanza relativa) variabile in funzione della classe di pericolosità o di rischio a cui sono associati.

Il valore dei sub-indici si ottiene infine mediante normalizzazione della somma pesata dividendola per il valore massimo assunto da tale somma in una porzione omogenea del bacino del fiume Po (si veda il “*Box di approfondimento: la normalizzazione dei sub-indici e le conseguenze sull'individuazione delle ARS*”, al Par. , per ulteriori dettagli in merito a tale scelta): in questo modo, utilizzando un sub-indice normalizzato che varia tra 0 ed 1, è possibile eseguire una gerarchizzazione e quindi un confronto tra tutte le celle del bacino (o meglio della porzione di bacino selezionata) in funzione del valore assunto dal sub-indice in analisi.

La struttura dei sub-indici è quindi la seguente:

$$G_{D,i} = I_{D,i} / I_{D,i,max}$$

con

$$I_{D,i} = N_{D,P3} * p_{D,P3} + N_{D,P2} * p_{D,P2} + N_{D,P1} * p_{D,P1}$$

con

$G_{D,i}$ = sub-indice di gerarchizzazione, variabile tra 1 (priorità massima) e 0 (priorità nulla), in relazione alla distribuzione del dato D in analisi (es. distribuzione della lunghezza delle strade, della superficie del tessuto urbanizzato, del numero degli insediamenti ospedalieri, ecc.) tra le classi di pericolosità P3, P2 e P1 presenti nell'unità territoriale (i)

$I_{D,i}$ = Somma pesata dei dati $N_{D,Px}$ nell'unità territoriale (i)

$N_{D,Px}$ = estensione complessiva, nell'unità di analisi (i), del dato D (es. lunghezza delle strade, superficie del tessuto urbanizzato, numero degli insediamenti ospedalieri, ecc.) associato alla classe di pericolosità Px^1

$I_{D,i,max}$ = massimo del valore assunto dalla somma pesata $I_{D,i}$ nell'insieme delle unità di analisi (i) presenti in una porzione omogenea del bacino del fiume Po (si veda il “*Box di approfondimento: la normalizzazione dei sub-indici e le conseguenze sull'individuazione delle ARS*” , al Par. , per ulteriori dettagli in merito a tale scelta) (valore utilizzato per la normalizzazione del sub-indice tra 0 e 1)

¹ Con Px si indicano complessivamente, in tutto il testo, le diverse classi di pericolosità P3, P2, P1



$P_{D,Px}$ = peso associato al dato D presente nelle aree classificate come Px

Il significato generale dei sub-indici così costruiti è che la priorità di una cella aumenta all'aumentare dell'estensione (o numerosità) del dato D associato alla classe di pericolosità P3 e, con importanza decrescente, alle classi P2 e P1.

Nel caso dell'indice relativo al "tessuto residenziale" e alle "attività produttive", approssimazione dell'indice che avrebbe dovuto valutare l'estensione delle diverse classi di rischio sull'intera mappa del rischio, la somma pesata è eseguita in riferimento proprio alle classi del rischio e non alle classi di pericolosità (si veda Par.).

Nella trattazione seguente si descrivono i sub-indici di valutazione messi a punto secondo i criteri illustrati, suddivisi in base alla tipologia di dato analizzato (areale e lineare).



Tabella - Tabella di correlazione tra le tipologie di elementi esposti e la classe di danno assegnata (Fonte: Autorità di bacino del fiume Po). In tabella sono inoltre indicati i sub-indici associati ai diversi elementi esposti ipotizzati inizialmente per la gerarchizzazione delle unità di analisi; come illustrato nel testo la metodologia rivista ha considerato solo una parte di tali sub-indici in funzione dei dati realmente disponibili (Gpop,i - Gr,i - Gmulti_r,i - Gisl,i)

Scala Europea (da Schema FHRM_2p1.xsd)	Scala Nazionale (Indirizzi operativi MATTM 2013)	Scala di bacino	Codici	Scala regionale	Classi di danno				
campo "Macrocategoria europea"	campo "Macrocategoria italiana"	campo "Categoria elementi esposti"		Trascodifica con i codici del Corine Land Cover					
Abitanti potenzialmente interessati	Abitanti potenzialmente interessati	n. abitanti			Elementi areali Gpop,i				
Attività economiche e sociali	zone urbanizzate	Tessuto residenziale	B41	Tessuto residenziale compatto denso	111 + 112	D4			
				Tessuto residenziale continuo	134	D1			
				Tessuto residenziale discontinuo	133	D3			
				aree depauperate e non vegetate	121	D4			
		Attività produttive	Inseadimenti industriali, artigianali, commerciali, servizi e agricoli	B44	B44	aree estrattive attive	131	D3	
						Stabilimenti balneari	1428	D3	
						Saline	4220	D4	
						Acquacolture	4213, 5124	D4	
						Colture permanenti	22	D2	
						Colture orticole e vivai	212	D3	
	Seminativi non irrigui e seminatavi semplici irrigui					211 e 212	D2		
	Colture temporanee associate a colture permanenti, Sistemi colturali e particolari complessi e Aree con colture agricole e spazi naturali					224	D2		
	Risae					213	D2		
	Colture da legno					224	D2		
	Strutture strategiche e sedi di attività collettive	Inseadimenti ospedalizi	B45	B45	1214,211 e/o altro strato informativo regionale	D4			
					strato informativo regionale	D4			
					12123 (ombreggiati), 1224 (verde scuro)	D4			
					142	D4			
					Cimiteri	D3			
					1423	D4			
Infrastrutture strategiche					reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori ¹	B42	B42	1223 e 1223 e/o altro strato informativo regionale	D4
								1224 e 1223 e/o altro strato informativo regionale	D3
								strato informativo nazionale e regionale	D4
								123	D4
	124	D4							
	122 e/o altro strato informativo regionale	D4							
	Ambiente	Inseadimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale e aree potenzialmente interessate	Impianti individuati nell'allegato I del D.L. 59/2005	B23				strato-informative-nazionale e regionale	D4
								Strato PdGpo o regionale aggiornato	D4
								Depuratori	D3
								Inceneritori	D3
centrali nucleari/depositi materiali radioattivi ²					D4				
Discariche					D3				
132					D3				
Strato PdGpo o regionale aggiornato					#INCERTA SEDIS				
Altro qualificato come "Beni paesaggistici e culturali" ³					Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse	Immobili ed aree di notevole interesse pubblico ³	B31	Piani paesaggistici regionali/MIBAC	D4
								D2	
	B32	D4							
	B31	D4							
	B31	#INCERTA SEDIS							
	B24	D1							
B24	D1								
23,33, 41,42, 51,52, 1412, 1312	D1								



I risultati dell'applicazione di questo sub-indice sono presentati nell'allegato cartografico con le tavole:

- Tavola 3a "Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Ordinamento del subindice "popolazione presente nelle aree allagabili"
- Tavola 3b "Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Ordinamento del subindice "popolazione presente nelle aree allagabili"

PRIORITÀ DELL'UNITÀ DI ANALISI (I) SULLA BASE DELLA DISTRIBUZIONE DELL'ESTENSIONE DEL "TESSUTO RESIDENZIALE E DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE IN CLASSE DI DANNO D4" NELLE CATEGORIE DI RISCHIO R_x^3 DELLA MAPPA DEL RISCHIO

Dato di partenza: superficie del "tessuto residenziale" e delle "attività produttive" in classe di danno D4 nella mappa del rischio. Nel caso tale informazione mancasse è stata ricostruita a partire dalla mappa dell'uso del suolo regionale, a causa della mancanza di informazioni sulla tipologia di beni esposti presenti nella mappa del rischio regionale. Gli elementi esposti studiati dal sub-indice sono riferiti alla mappa del rischio massimo: è infatti stato necessario eliminare le sovrapposizioni tra poligoni presenti nella mappa del rischio (si veda quanto esposto in relazione al criterio "3.bis" al Par.), al fine di poter riferire l'elemento esposto in studio in modo univoco ad una sola classe di rischio. La mappa del rischio massimo è stata costruita individuando per ogni porzione di territorio la classe di rischio massima presente nei poligoni sovrapposti presenti.

Significato del sub-indice: la priorità di un'unità di analisi aumenta all'aumentare della superficie del "tessuto residenziale e delle attività produttive in classe di danno D4" classificato come R4 nella mappa del rischio e, con importanza decrescente, come R3 ed R2 (Nota: sulla base della matrice di correlazione tra Rischio, Pericolosità e Danno messa a punto nelle specifiche di di creazione della mappa del rischio, alla classe di danno D4 non è possibile sia associata la classe di rischio R1).

Sub-indice: somma pesata normalizzata tra 0 e 1

$$G_{R,i} = I_{R,i} / I_{R,i,max}$$

con

$$I_{R,i} = S_{R4} * p_{R4} + S_{R3} * p_{R3} + S_{R2} * p_{R2}$$

con

$G_{R,i}$ = sub-indice di gerarchizzazione, variabile tra 1 (priorità massima) e 0 (priorità nulla), in relazione alla distribuzione della superficie del "tessuto residenziale e delle attività produttive in classe di danno D4" nelle classi di rischio R4, R3, R2 della mappa del rischio presenti nell'unità territoriale (i)

$I_{R,i}$ = Somma pesata dei dati S_{R_x} nell'unità di analisi (i)

S_{R_x} = superficie del "tessuto residenziale e delle attività produttive in classe di danno D4" classificato come R_x nella mappa del rischio all'interno dell'unità di analisi (i)

$I_{R,i,max} = S_{tot}$ = superficie dell'unità di analisi (i) (nell'applicazione in esame pari a 1km^2)

p_{R_x} = peso associato alla classe R_x , ovvero importanza relativa della classe R_x rispetto alle altre classi della mappa del rischio

Scelta dei pesi: si propone il seguente set di pesi

$$p_{R4} = 1$$

$$p_{R3} = 0,6$$

$$p_{R2} = 0,2$$

³ Con R_x si indicano complessivamente le diverse classi di rischio R4, R3, R2, R1



I risultati dell'applicazione di questo sub-indice sono presentati nell'allegato cartografico con le tavole:

- Tavola 4b "Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Ordinamento del subindice "strade e ferrovie presenti nelle aree allagabili"
- Tavola 5a "Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Ordinamento del subindice "tessuto residenziale e attività produttive in R4, R3, R2"

PRIORITÀ DELL'UNITÀ DI ANALISI (I) SULLA BASE DELLA SOVRAPPOSIZIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE CAUSATI DA PIÙ FENOMENI (AMBITI) DI TIPOLOGIA DIVERSA

Dato di partenza: superficie delle aree sovrapposte classificate come Rx nella mappa del rischio. Sono teoricamente possibili 5 sovrapposizioni contemporanee in relazione ai 5 ambiti territoriali che possono generare il rischio (Reticolo Principale, Reticolo Secondario Collinare Montano, Reticolo Secondario di Pianura, Aree Costiere Lacuali, Aree Costiere Marine); la verifica della mappa del rischio evidenzia in realtà che il numero massimo di sovrapposizioni di aree allagabili generate da ambiti diversi è 3. Sono altresì possibili sovrapposizioni tra aree allagabili generate dal medesimo ambito (ad esempio da due corsi d'acqua vicini appartenenti al medesimo ambito, es. RSCM). In realtà, come già specificato al punto 3-bis del Par., l'individuazione in ambito GIS dei poligoni generati dalla medesima tipologia di ambito non è eseguibile in modo automatizzato a causa della mancanza di elementi nel database associato che permettano tale differenziazione. Il criterio si applica pertanto alle sole sovrapposizioni generate da ambiti diversi. Inoltre si è ritenuto non essenziale, seppur concettualmente corretto, differenziare ulteriormente le aree soggette a diverse tipologie di allagamento sulla base della classe di rischio generata da ogni ambito: il criterio valuta quindi solo la superficie delle aree sovrapposte e la mette in relazione con il numero di sovrapposizioni presenti.

Significato del sub-indice: la priorità di un'unità di analisi aumenta all'accrescersi dell'estensione delle aree sovrapposte e del numero di sovrapposizioni che le generano.

Sub-indice: somma pesata normalizzata tra 0 e 1

$$G_{Multi_R,i} = I_{Mr,i} / I_{Mr,i_max}$$

con

$$I_{Mr,i} = S_{Mr,3} * P_{Mr,3} + S_{Mr,2} * P_{Mr,2}$$

con

$G_{Multi_R,i}$ = sub-indice di gerarchizzazione, variabile tra 1 (priorità massima) e 0 (priorità nulla), in relazione all'estensione delle aree Rx sovrapposte della mappa del rischio e al numero di sovrapposizioni che le generano, all'interno dell'unità di analisi (i)

$I_{Mr,i}$ = Somma pesata dei dati $S_{Mr,n}$ nell'unità di analisi (i)

$S_{Mr,n}$ = superficie delle aree sovrapposte presenti nell'unità di analisi (i) e generate da n sovrapposizioni, con n pari a 2 o 3

I_{Mr,i_max} = S_{tot} = superficie dell'unità di analisi (i) (nell'applicazione in esame pari a 1km²)

$P_{Mr,x}$ = peso associato al numero di sovrapposizioni che generano le aree allagabili

Scelta dei pesi: si propone il seguente set di pesi

$$P_{Mr,3} = 1$$

$$P_{Mr,2} = 0,6$$



I risultati dell'applicazione di questo sub-indice sono presentati nell'allegato cartografico con le tavole:

- Tavola 6a "Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Ordinamento del subindice "sovrapposizione di aree allagabili generate da ambiti diversi"
- Tavola 6b "Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Ordinamento del subindice "sovrapposizione di aree allagabili generate da ambiti diversi"

Tematismi di tipo lineare

PRIORITÀ DELL'UNITÀ DI ANALISI (I) SULLA BASE DELLA DISTRIBUZIONE, NELLE AREE Px, DELLA LUNGHEZZA DELLE "RETI FERROVIARIE E STRADALI PRIMARIE E SPAZI ACCESSORI"

Dato di partenza: lunghezza delle "Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori" (comprende le reti ferroviarie, autostrade e statali/regionali e provinciali, escluse le strade comunali) associata alle aree Px della mappa della pericolosità. L'informazione in analisi non è in realtà omogenea tra le Regioni; in alcuni casi il bene esposto è rappresentato in forma lineare, in altre poligonale e in altri ancora in entrambi le modalità e con discrepanze tra le due rappresentazioni. A seconda delle Regioni inoltre anche la stessa informazione lineare assume significati diversi, in qualche caso di lunghezza del dell'asse viario o ferroviario e in altri di lunghezza delle corsie o dei binari presenti nel medesimo asse. L'informazione non è pertanto comparabile direttamente: al fine di considerare comunque tale dato, si è pertanto provveduto ad utilizzare il dato lineare ove presente (anche in presenza della medesima informazione in formato poligonale) e a trasformare il dato di estensione superficiale, qualora l'informazione fosse solo di tipo areale, in una lunghezza, dividendo la superficie per una larghezza media. Allo scopo di compensare inoltre la discrepanza di significato dell'informazione lineare sopra segnalata, si è inoltre provveduto a modificare il valore di larghezza media in modo da rendere sommariamente comparabili le informazioni disponibili. Tale dato deve quindi essere considerato come approssimato e preliminare e inteso unicamente ad evidenziare la presenza di elementi lineari di collegamento tra le aree di tipo poligonale individuate con gli indici esposti in precedenza. Grazie ad opportune applicazioni sperimentali del modello allo scopo di tararlo rispetto alle situazioni di rischio note, si è inoltre valutato che l'errore così introdotto può essere ritenuto accettabile e non decisivo nell'individuazione delle ARS, in relazione anche al basso peso attribuito a tale sub-indice (10%) rispetto agli altri tre (si veda il Par.).

Significato del sub-indice: la prioritaria di un'unità di analisi aumenta all'aumentare della lunghezza delle "Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori" all'interno delle aree P3 e, con importanza decrescente, delle aree P2 e P1.

Sub-indice: somma pesata normalizzata tra 0 e 1

$$G_{ISL,i} = I_{ISL,i} / I_{ISL,i,max}$$

con

$$I_{ISL,i} = L_{ISL,P3} * p_{ISL,P3} + L_{ISL,P2} * p_{ISL,P2} + L_{ISL,P1} * p_{ISL,P1}$$

con

$G_{ISL,i}$ = sub-indice di gerarchizzazione, variabile tra 1 (priorità massima) e 0 (priorità nulla), in relazione alla lunghezza, nelle aree Px della mappa della pericolosità, delle "Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori" presenti nell'unità di analisi (i)

$I_{ISL,i}$ = Somma pesata dei dati $L_{ISL,Px}$ nell'unità di analisi (i)



$L_{ISL,Px}$ = lunghezza delle “Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori” presenti nel complesso dei poligoni classificati come Px nell’unità di analisi (i)

$p_{ISL,Px}$ = peso associato alle “Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori” presenti nelle aree classificate come Px

$I_{ISL,i_{max}}$ = massimo del valore assunto dalla somma pesata $I_{ISL,i}$ nell’insieme delle unità di analisi (i) presenti in una porzione omogenea del bacino del fiume Po (valore utilizzato per la normalizzazione dell’indice tra 0 e 1), in particolare l’area montana e quella di pianura del distretto. Come illustrato nel “*Box di approfondimento: la normalizzazione dei sub-indici e le conseguenze sull’individuazione delle ARS*” si rende infatti necessario applicare la metodologia separatamente nelle due situazioni territoriali al fine di cogliere le peculiarità presenti in termine di beni esposti e popolazione

Scelta dei pesi: si propone il seguente set di pesi

$$p_{ISL,P3} = 1$$

$$p_{ISL,P2} = 0,5$$

$$p_{ISL,P1} = 0,1$$

I risultati dell’applicazione di questo sub-indice sono presentati nell’allegato cartografico con le tavole:

- Tavola 4a “Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Ordinamento del subindice “strade e ferrovie presenti nelle aree allagabili””

- Tavola 4b “Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Ordinamento del subindice “strade e ferrovie presenti nelle aree allagabili””

2.3. Calcolo di un indice di gerarchizzazione in ogni unità di analisi mediante aggregazione dei sub-indici di valutazione

Al paragrafo precedente sono stati definiti dei sub-indici che permettono di valutare la priorità dell’unità di analisi in studio in relazione allo specifico dato analizzato.

Si rende quindi necessario definire una algoritmo matematico che permetta la lettura congiunta (aggregazione) di tali sub-indici, così da calcolare un “*Indice di gerarchizzazione dell’unità di analisi*” per ogni unità: questo consente il confronto tra tutte le unità di analisi del bacino. L’indice di aggregazione permette infatti di definire su una scala appropriata (scelta nell’applicazione in esame variabile tra 0 ed 1) quanto l’unità di analisi (cella) in studio è significativa/prioritaria in termini di rischio rispetto alle altre del bacino, così da produrre un ordinamento delle unità in funzione del valore assunto dall’indice di aggregazione stesso.

L’indice di gerarchizzazione dell’unità di analisi proposto dalla presente metodologia è stato costruito traducendo matematicamente il criterio secondo il quale i diversi sub-indici definiti al paragrafo precedente contribuiscono in modo differenziato a generare il livello di priorità complessivo della cella in studio, in funzione dell’importanza relativa che viene loro assegnata.

A tal fine l’indice di gerarchizzazione assume la forma di una somma pesata dei valori assunti dai sub-indici calcolati nella cella, ovvero:



2.4. Calcolo di un "indice di gerarchizzazione delle ARS"

Grazie all'indice di gerarchizzazione delle unità di analisi definito al paragrafo precedente si ottiene un ordinamento delle singole celle di analisi su una scala variabile tra 0 (priorità nulla) e 1 (priorità massima).

Per individuare "ARS potenziali" occorre a questo punto individuare porzioni di territorio costituite da un insieme contiguo di celle di analisi che rispondono ad un criterio di selezione; nel caso in esame tale criterio prevede di selezionare le celle contigue per le quali l'indice di gerarchizzazione della cella supera una certa soglia, da stabilire opportunamente.

Diviene così possibile calcolare un "indice di gerarchizzazione delle ARS" (I_{G_ARS}) tramite la somma del valore assunto dall'"indice di gerarchizzazione delle unità di analisi" (I_{G_U}) in celle contigue nelle quali l'indice è superiore ad una soglia stabilita, ovvero:

$$I_{G_ARS,n} = (\sum I_{G_U,i}) / I_{G_ARS,n_max}$$

se $I_{G_U,i} > I_{G_U,Soglia}$ e la cella è contigua

con

$I_{G_ARS,n}$ = indice di gerarchizzazione delle ARS calcolato nell'"ARS potenziale" n

$I_{G_U,i}$ = indice di gerarchizzazione delle unità di analisi (celle) (i) presenti all'interno dell'"ARS potenziale" n

$I_{G_U,Soglia}$ = valore di soglia dell'indice di gerarchizzazione $I_{G_U,i}$ che stabilisce se includere la cella contigua (i) all'interno della "ARS potenziale" e di conseguenza se considerare il relativo valore di $I_{G_U,i}$ nel calcolo dell'indice $I_{G_ARS,n}$

I_{G_ARS,n_max} = massimo del valore assunto dall'indice $I_{G_ARS,n}$ nell'insieme delle n "ARS potenziali" individuate in una porzione omogenea del bacino del fiume Po (valore utilizzato per la normalizzazione dell'indice tra 0 e 1), in particolare l'area montana e quella di pianura del distretto. Si veda a tal proposito le considerazioni esposte a fine paragrafo nel "Box di approfondimento: la normalizzazione dei sub-indici e le conseguenze sull'individuazione delle ARS" in relazione alla scelta della porzione di bacino da utilizzare per la normalizzazione.

Il procedimento si applica in ambiente GIS e permette di evidenziare in automatico le celle contigue selezionate secondo il criterio sopra descritto e quindi di fatto i confini delle "ARS potenziali".

La "taratura" del modello è stata eseguita producendo numerose simulazioni in cui si è proceduto a variare il valore di soglia $I_{G_U,Soglia}$ mantenendo costanti i pesi utilizzati nelle somme pesate dei sub-indici e delle successive aggregazioni; le simulazioni hanno permesso di individuare il valore di soglia che permette di individuare ARS che corrispondono a situazioni già note. La mappa delle ARS così prodotta individua inoltre altre situazioni significative che vanno ad integrare le conoscenze pregresse esistenti.

I risultati dell'applicazione di questo indice sono presentati nell'allegato cartografico con le tavole:

- Tavola 1 "Distretto del fiume Po – Individuazione delle Aree a Rischio Significativo (ARS)
- Tavola 2 "Distretto del fiume Po – Individuazione delle Aree a Rischio Significativo (ARS) con sovrapposizione dei nodi critici del PAI"
- Tavola 1a "Distretto del fiume Po. Territorio collinare montano – Individuazione delle Aree a Rischio Significativo (ARS)
- Tavola 1b "Distretto del fiume Po. Territorio di pianura – Individuazione delle Aree a Rischio Significativo (ARS)



Box di approfondimento: la normalizzazione dei sub-indici e le conseguenze sull'individuazione delle ARS

L'“indice di gerarchizzazione delle ARS” (I_{G_ARS}) dipende dal valore assunto dagli indici di gerarchizzazione delle unità di analisi $I_{G_U,i}$ che a sua volta dipende dai valori assunti dai sub-indici di valutazione in ogni cella. Questi, a rigore, dovrebbero essere normalizzati tra 0 ed 1 in funzione del valore massimo assunto tra tutte le celle presenti nell'intero bacino.

L'ordinamento delle “ARS potenziali” che si ottiene mediante tale tipologia di normalizzazione eseguita a livello di bacino può però non permettere di tener conto della differente importanza che hanno i beni esposti nelle diverse aree presenti nel bacino, che si manifesta particolarmente tra zone di pianura e zone montano-collinari. Nelle aree montane, infatti, la densità per unità di superficie dei beni esposti (in termini di numerosità ed estensione, es. lunghezza delle strade primarie) è nella gran parte dei casi molto inferiore rispetto alle aree di pianura e di conseguenza anche il valore assunto dai relativi sub-indici potrà assumere valori mediamente più bassi in montagna rispetto alla pianura. Si consideri come esempio una cella relativa all'ambito montano in cui è presente 1 km di strada provinciale che ricade in un'area allagabile P3 e la si confronti con una cella in pianura ove sono presenti 4 chilometri di strada provinciale sempre in P3: il sub-indice relativo alla cella di pianura, se si applicasse una normalizzazione del sub-indice sull'intero bacino, andrebbe a valere 4 volte di più di quello della cella di montagna, indicando quindi una priorità minore di quest'ultima. In realtà nelle aree montane la perdita o il danneggiamento dei pochi beni esposti presenti, in particolare delle infrastrutture strategiche (ad esempio, nell'esempio proposto, l'allagamento dell'unico chilometro di strada provinciale che permette il transito di persone e merci in una vallata), può causare danni all'intero sistema socio-economico dell'area in studio, con effetti quindi potenzialmente molto superiori, per il locale sistema, del danneggiamento della medesima estensione di una strada provinciale in pianura, in quanto possono essere presenti più opzioni per spostarsi da un punto all'altro. Ciò significa che in realtà la cella in montagna con 1 km di strada allagabile dovrebbe avere priorità maggiore da questo punto di vista rispetto a quella di pianura, o almeno paragonabile.

Per tener conto di queste peculiarità si pertanto deciso di eseguire la normalizzazione dei sub-indici separatamente per la pianura e la montagna, applicando quindi la metodologia qui esposta in relazione alle due situazioni territoriali evidenziate. Da ciò ne consegue che saranno prodotti due elenchi di ARS potenziali, uno relativo alla montagna e uno alla pianura.

Anche la normalizzazione dell'indice di gerarchizzazione delle ARS $I_{G_ARS,n}$ è di conseguenza eseguita separatamente tra le due situazioni territoriali.

Questo significa che i due ordinamenti non sono tra loro numericamente comparabili.

La scelta effettuata è però pressoché obbligata in quanto se la normalizzazione dei sub-indici fosse eseguita a livello di intero bacino, sarebbe impossibile individuare un valore di soglia $I_{G_U,Soglia}$ tale da permettere di individuare sia le ARS potenziali montane sia le ARS potenziali di pianura; nel primo caso servirebbe infatti un valore basso della soglia in virtù delle considerazioni più sopra esposte in relazione ai beni esposti presenti, mentre nel secondo caso il valore di soglia basso scelto per l'ambito montano porterebbe ad individuare una miriade di situazioni non significative in pianura; viceversa, un valore di soglia alto, tale da individuare solo le situazioni più importanti per la pianura, non permetterebbe di evidenziare le ARS montane. Tali considerazioni, esposte qui in modo discorsivo, sono state suffragate da numerose simulazioni eseguite sia sull'intero bacino sia separatamente tra montagna e pianura, al fine di individuare la metodologia che permette di produrre i risultati più aderenti alla realtà territoriale effettivamente presente.



3. Risultati

L'applicazione della metodologia qui presentata permette di individuare Aree a Rischio Significativo (ARS) che ricadono all'interno del Distretto del fiume Po, suddivise tra quelle appartenenti al territorio montano-collinare e all'area di pianura.

Il metodo prevede di suddividere il bacino in celle quadrate di 1 chilometro di lato e per ognuna di queste di calcolare un indice di cella che permette di ordinare le celle stesse in termini di estensione di alcune tipologie di beni esposti e della popolazione presente nelle aree allagabili che ricadono nella cella stessa.

Il calcolo di tale indice avviene separatamente per le aree montano-collinari e quelle di pianura e si basa sul calcolo di quattro sub-indici di cella che, opportunamente sommati tra loro, forniscono il valore dell'indice complessivo di cella.

Le ARS sono individuate mediante il calcolo di un indice che somma il valore degli indici di cella se continue e superiori ad una certa soglia; l'elenco delle ARS è presentato in forma tabellare in appendice 2.

L'indice delle ARS, l'indice di cella e i quattro sub-indici che lo compongono sono rappresentati nelle tavole descritte di seguito e allegate alla presente relazione:

- **Tavola 1 “Distretto del fiume Po – Individuazione delle Aree a Rischio Significativo (ARS) (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par.):** la tavola mostra congiuntamente il risultato dell'individuazione delle ARS eseguita separatamente nell'area collinare montana e nell'area di pianura. I risultati delle due elaborazioni sono descritti separatamente di seguito nelle tavole 1a e 1b.
- **Tavola 2 “Distretto del fiume Po – Individuazione delle Aree a Rischio Significativo (ARS) con sovrapposizione dei nodi critici del PAI” (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par.):** la tavola mostra le medesime ARS presentate nella tavola 1 descritta al punto precedente, messe però in relazione con i nodi critici del PAI.
- **Tavola 1a “Distretto del fiume Po. Territorio collinare montano – Individuazione delle Aree a Rischio Significativo (ARS) (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par.):** la tavola mostra il risultato dell'individuazione delle ARS eseguita nell'area collinare montana mediante la selezione delle celle tra loro continue il cui relativo indice di cella (mostrato nelle tavole 2a e 2b descritte di seguito) supera una soglia prestabilita. Le ARS si concentrano particolarmente nei sottobacini Lombardia e del Piemonte, con particolare importanza per quelli della Valtellina, della Val Camonica, del Toce-Cusio, della Valle d'Aosta, della Dora Riparia e dell'Alto Tanaro.
- **Tavola 1b “Distretto del fiume Po. Territorio di pianura – Individuazione delle Aree a Rischio Significativo (ARS) (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par.):** la tavola mostra il risultato dell'individuazione delle ARS eseguita nell'area collinare montana mediante la selezione delle celle tra loro continue il cui relativo indice di cella (mostrato nelle tavole 2a e 2b descritte di seguito) supera una soglia prestabilita. Le ARS si concentrano nelle aree allagabili emiliane e lombarde presenti in destra Po soggette alle inondazioni rare (alluvioni molto rare – L) generate dal reticolo principale e, nel caso dell'Emilia-Romagna, generate anche dalle alluvioni rare (frequenza M) del reticolo secondario di pianura (canali di bonifica). Si rilevano inoltre ARS estese anche in corrispondenza dei principali capoluoghi di Provincia della Lombardia (Cremona, Mantova, Milano, Pavia, Brescia), nonché nei sottobacini che afferiscono all'intorno della città di Torino e nella città di Alessandria.
- **Tavola 2a “Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Indice di cella "somma pesata dei subindici"” (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par.):** la tavola mostra il risultato dell'aggregazione (somma pesata) dei subindici di cella illustrati nelle tavole 3a, 4a, 5a e 6a descritte più sotto. L'indice individua le valli lombarde e piemontesi come quelle in cui



si concentra il maggior numero di persone potenzialmente soggette ad alluvioni, la maggiore estensione dei beni esposti soggetti ad allagamenti (con riferimento al tessuto residenziale, alle attività produttive e alle strade e ferrovie principali) e in cui sono presenti le maggiori superfici di aree allagabili sovrapposte generate da ambiti diversi.

- **Tavola 2b “Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Indice di cella “somma pesata dei subindici””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par.): la tavola mostra il risultato dell’aggregazione (somma pesata) dei subindici di cella illustrati nelle tavole 3b, 4b, 5b e 6b descritte più sotto. L’indice individua le aree in destra Po appartenenti alla Regione Emilia-Romagna come quelle in cui si concentra il maggior numero di persone potenzialmente soggette ad alluvioni, la maggiore estensione dei beni esposti soggetti ad allagamenti (con riferimento al tessuto residenziale, alle attività produttive e alle strade e ferrovie principali) e in cui sono presenti le maggiori superfici di aree allagabili sovrapposte generate da ambiti diversi. Si rileva inoltre un’esposizione pressoché continua di beni e persone anche negli affluenti lombardi e piemontesi del fiume Po, nella porzione piemontese dello stesso e nelle aree allagabili in destra Po lombarde, sebbene con valori dell’indice di cella mediamente inferiori rispetto all’area emiliana.
- **Tavola 3a “Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Ordinamento del subindice “popolazione presente nelle aree allagabili””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par. “Priorità dell’unità di analisi (i) sulla base della distribuzione della popolazione esposta potenzialmente presente nelle aree Px della mappa della pericolosità”): la tavola mostra come la popolazione che ricade nelle aree inondabili in area montana sia concentrata prevalentemente nelle vallate dell’arco alpino, mentre in ambito appenninico gli abitanti esposti ad allagamenti risultano inferiori. Si nota inoltre come nel primo caso sia presente un tessuto urbano, a cui è associata la popolazione residente, abbastanza continuo lungo i corsi d’acqua alpini, in particolare nei sottobacini Val Camonica, Valtellina, Toce-Cusio, Valle d’Aosta e Dora Riparia, mentre in ambito appenninico la popolazione è perlopiù concentrata in specifiche aree abitate.
- **Tavola 3b “Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Ordinamento del subindice “popolazione presente nelle aree allagabili””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par. “Priorità dell’unità di analisi (i) sulla base della distribuzione della popolazione esposta potenzialmente presente nelle aree Px della mappa della pericolosità”): la tavola mostra come la maggior parte dei capoluoghi di Provincia dell’area di pianura, in particolare della Regione Emilia-Romagna, siano interessati da aree allagabili. Sono inoltre presenti numerosi centri urbani di media grandezza che ricadono nell’ampia area allagabile presente in destra Po in Emilia-Romagna, soggetta sia ad inondazioni molto rare (frequenza L) causate dal reticolo principale (fiume Po e suoi affluenti in destra idrografica), sia da inondazioni rare (frequenza M) causate dal reticolo secondario di pianura artificiale (canali di bonifica).
- **Tavola 4a “Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Ordinamento del subindice “strade e ferrovie presenti nelle aree allagabili””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par. “Priorità dell’unità di analisi (i) sulla base della distribuzione, nelle aree Px, della lunghezza delle “Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori”): la tavola illustra come l’estensione di strade e ferrovie principali soggette a possibili inondazioni lungo le vallate montane sia estesa soprattutto nei sottobacini Toce-Cusio, Valle d’Aosta, Dora Riparia, Chisone, Alto Tanaro e Alto Taro. Nella restante parte di territorio sono segnalate situazioni meno continue ma comunque importanti in termini di estensione.
- **Tavola 4b “Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Ordinamento del subindice “strade e ferrovie presenti nelle aree allagabili””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par. “Priorità dell’unità di analisi (i) sulla base della distribuzione, nelle aree Px, della lunghezza delle “Reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori”): la tavola illustra come l’estensione di strade e ferrovie principali soggette a possibili inondazioni nell’area di pianura sia particolarmente estesa nelle aree allagabili in destra Po appartenenti alla Regione Emilia-Romagna, interessate da inondazioni molto rare (frequenza L) causate dal reticolo principale (fiume Po e suoi affluenti in destra idrografica) e da inondazioni rare (frequenza M) causate dal reticolo secondario di pianura artificiale (canali di bonifica). Si rilevano inoltre situazioni



importanti in termini di estensione anche i corrispondenza dei principali capoluoghi di Provincia della Lombardia e del Piemonte.

- **Tavola 5a “Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Ordinamento del subindice “tessuto residenziale e attività produttive in R4, R3, R2””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par. “Priorità dell’unità di analisi (i) sulla base della distribuzione dell’estensione del “tessuto residenziale e delle attività produttive in classe di danno D4” nelle categorie di rischio Rx della mappa del rischio”): la tavola mostra come le più ampie aree appartenenti al tessuto urbano e alle attività produttive soggette ad allagamenti in area montana si concentrino prevalentemente nelle vallate dell’arco alpino, mentre in ambito appenninico tali zone urbanizzate risultano maggiormente rade. Si nota inoltre come nel primo caso le aree interessate risultino abbastanza continue lungo i corsi d’acqua alpini, in particolare nei sottobacini Val Camonica, Valtellina, Toce-Cusio, Valle d’Aosta e Dora Riparia.
- **Tavola 5b “Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Ordinamento del subindice “tessuto residenziale e attività produttive in R4, R3, R2””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par. “Priorità dell’unità di analisi (i) sulla base della distribuzione dell’estensione del “tessuto residenziale e delle attività produttive in classe di danno D4” nelle categorie di rischio Rx della mappa del rischio”): la tavola mostra che le aree presenti in destra Po appartenenti alla Regione Emilia-Romagna e alla Lombardia siano quelle in cui l’estensione del tessuto residenziale e delle attività produttive che ricadono nelle aree allagabili è maggiore. Tali aree sono infatti soggette alle inondazioni molto rare (frequenza L) causate dal reticolo principale (fiume Po e suoi affluenti in destra idrografica) e da inondazioni rare (frequenza M) causate dal reticolo secondario di pianura artificiale (canali di bonifica). Si rilevano inoltre estensioni urbanizzate importanti soggette ad alluvioni anche nell’intorno dei principali capoluoghi di Provincia della Lombardia e del Piemonte, nonché lungo l’asta del Po piemontese e lungo i principali affluenti del fiume Po lombardi.
- **Tavola 6a “Distretto del fiume Po - Territorio collinare montano. Ordinamento del subindice “sovrapposizione di aree allagabili generate da ambiti diversi””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par. “Priorità dell’unità di analisi (i) sulla base della sovrapposizione dei rischi di alluvione causati da più fenomeni (ambiti) di tipologia diversa”): la tavola illustra le aree allagabili sovrapposte allagabili generate da abiti diversi, che in ambito montano si concentrano nei sottobacini Valtellina, Serio, Toce-Cusio, Val Sesia, Valle d’Aosta e Dora Riparia, e che sono generate principalmente dalla intersezione tra le conoidi e il reticolo principale. Le medesime sovrapposizioni sarebbero presenti anche nelle valli appenniniche della Regione Emilia-Romagna ma la mappa della pericolosità è stata costruita in questa Regione eliminando tali sovrapposizioni; ciò significa che con il presente lavoro a causa del dato analizzato si sottostima l’estensione delle sovrapposizioni esistenti nell’area montana di questa Regione.
- **Tavola 6b “Distretto del fiume Po - Territorio di pianura. Ordinamento del subindice “sovrapposizione di aree allagabili generate da ambiti diversi””** (a cui corrisponde il sub-indice descritto al Par. “Priorità dell’unità di analisi (i) sulla base della sovrapposizione dei rischi di alluvione causati da più fenomeni (ambiti) di tipologia diversa”): la tavola mostra che l’area in destra Po appartenente alla Regione Emilia-Romagna è quella in cui sono presenti le maggiori superfici allagabili sovrapposte generate da ambiti diversi, nel caso specifico dalle alluvioni molto rare generate dal reticolo principale e dalle alluvioni rare generate dal reticolo secondario di pianura (canali di bonifica).



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale



Piano di Gestione rischio di alluvioni

Schema di Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni
Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010

ELABORAZIONE ED AGGREGAZIONE DEI DATI PER L'ORDINAMENTO E LA GERARCHIZZAZIONE DELLE AREE A RISCHIO

via Garibaldi, 75 - 43100 Parma - tel. 0521 2761 - www.adbpo.it - partecipo.difesaalluvioni@adbpo.it

(1) OBIETTIVO

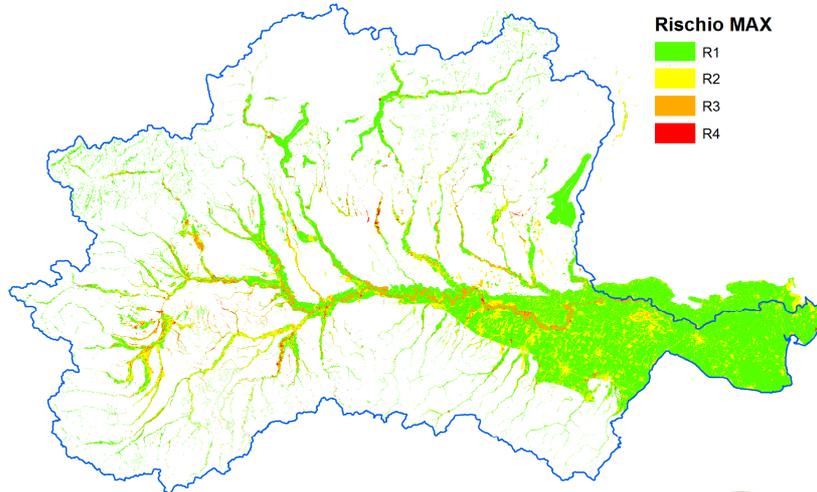


AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale



Piano di Gestione rischio di alluvioni

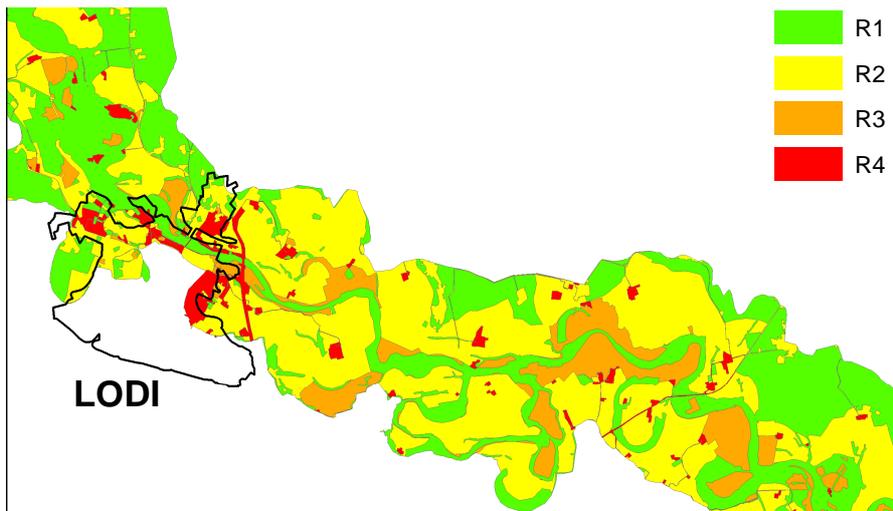
MAPPA DEL RISCHIO



 **AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO**
Bacino di rilievo nazionale


Piano di Gestione rischio di alluvioni

ZOOM

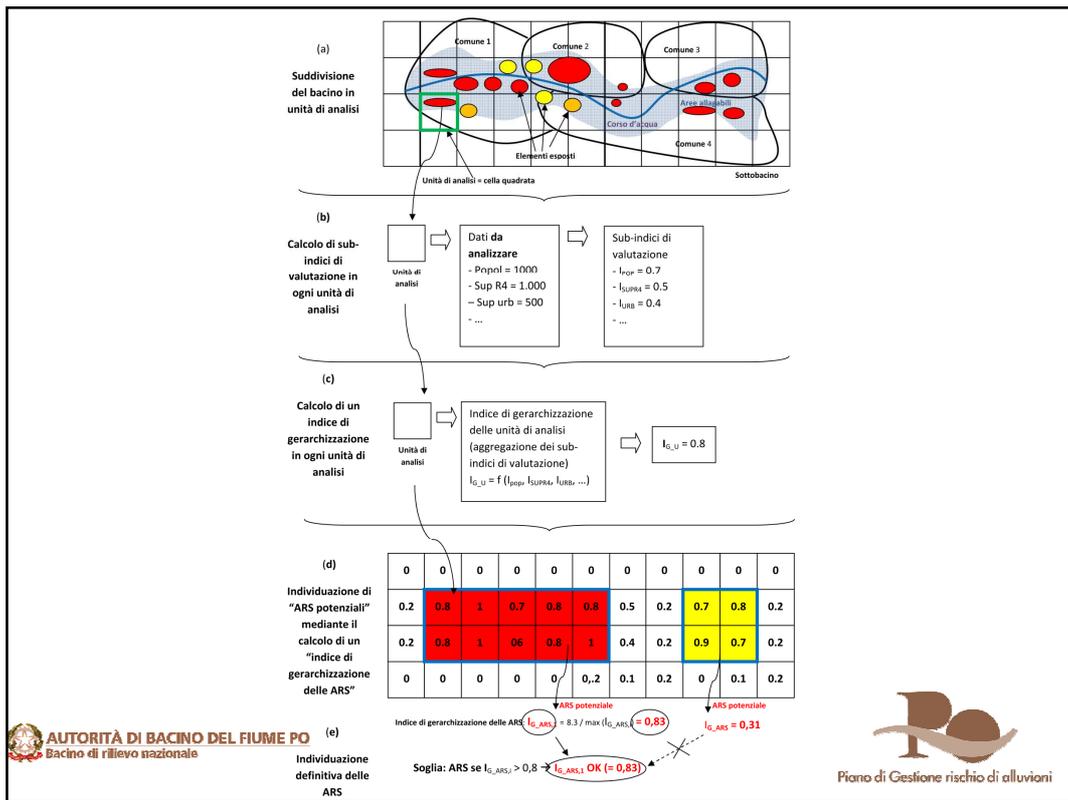


 **AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO**
Bacino di rilievo nazionale

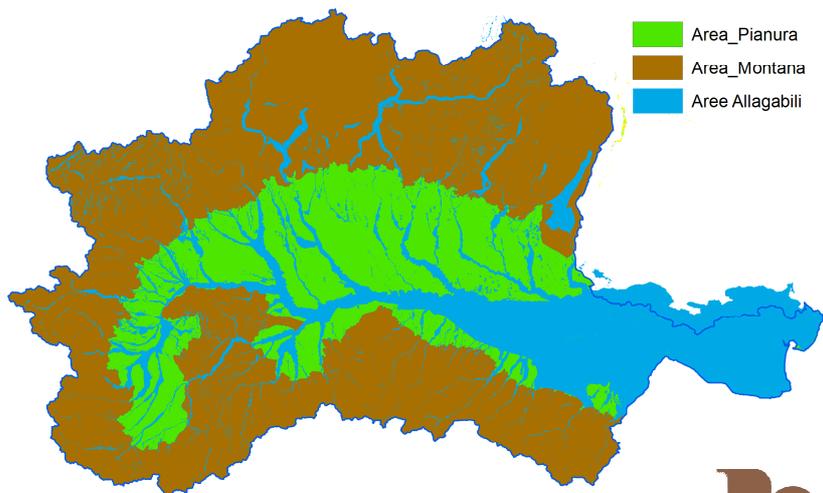

Piano di Gestione rischio di alluvioni

INDIVIDUARE ARS (Aree a Rischio Significativo) CON UN METODO QUANTITATIVO

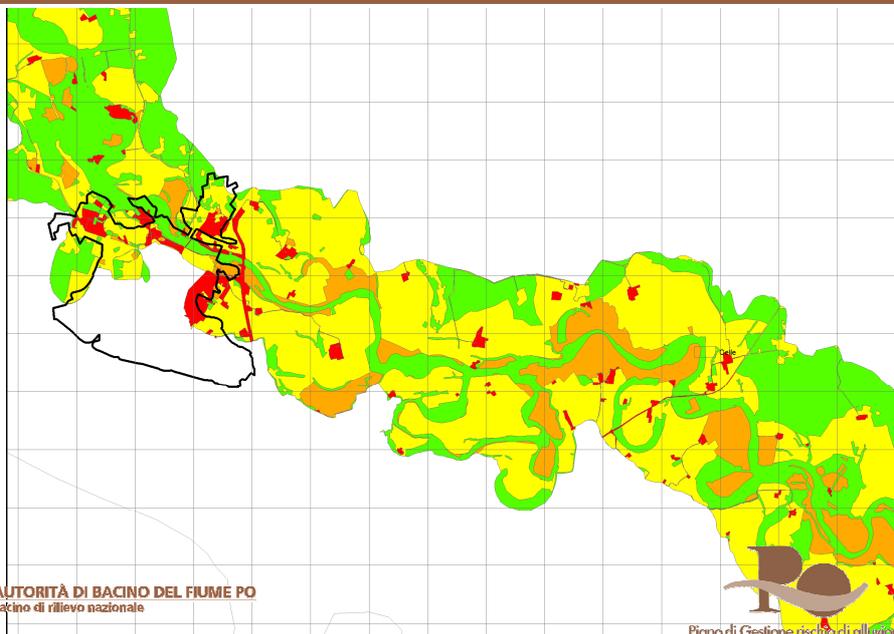
(2) METODOLOGIA



APPLICAZIONE SEPARATA TRA PIANURA E COLLINA-MONTAGNA



(a) SUDDIVISIONE DEL BACINO IN UNITA' DI ANALISI



(b) CALCOLO DI SUB-INDICI IN OGNI CELLA

CRITERI E RELATIVI SUB-INDICI PROPOSTI

- 1. Popolazione presente nelle aree allagabili**
- 2. Superficie delle aree a rischio R4, R3, R2, R1**
- 3. Lunghezza di infrastrutture strategiche lineari in classe D4 nelle aree allagabili**
- 4. Superficie, numero e classi di rischio di aree allagabili sovrapposte**
- 5. Numero di strutture strategiche e sedi di attività collettive in classe D4 (scuole e ospedali) nelle aree allagabili**
- 6. Numero di insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale e aree potenzialmente interessate nelle aree allagabili**

PROBLEMI APPLICATIVI

MANCANZA DI PIENA OMOGENEITA' E COPERTURA DEI DATI PRESENTI NELLE MAPPE DEL RISCHIO A LIVELLO REGIONALE

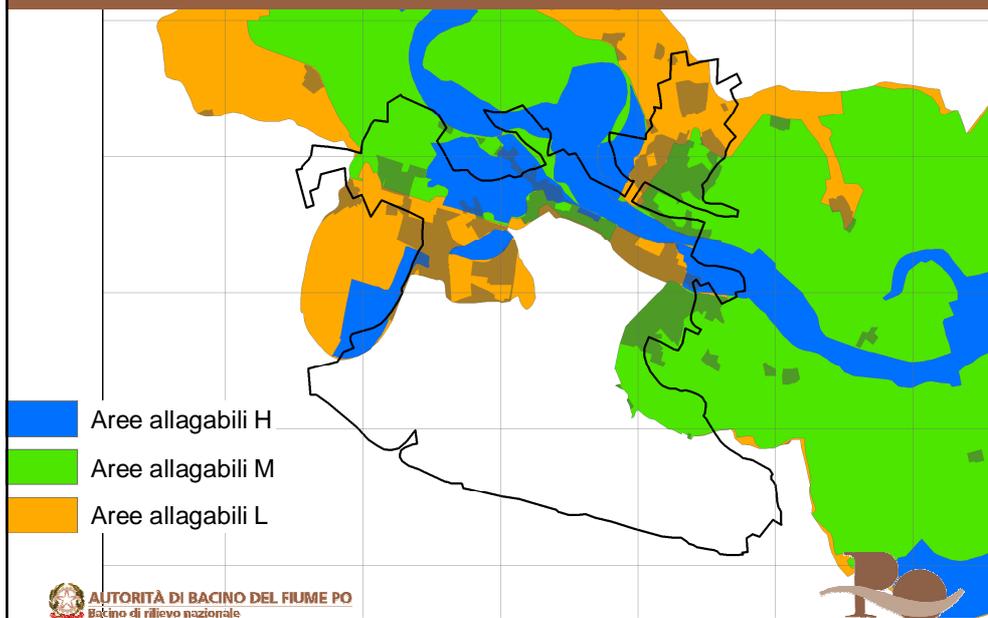
LA MAPPA DEL RISCHIO NON ESPLICITA ADEGUATAMENTE LE AREE IN CUI L'INCOLUMITÀ DELLE PERSONE È MESSA A RISCHIO E L'IMPATTO SOCIO-ECONOMICO È SIGNIFICATIVO

SONO QUINDI STATI PARZIALMENTE MODIFICATI I CRITERI E I RELATIVI SUB-INDICI

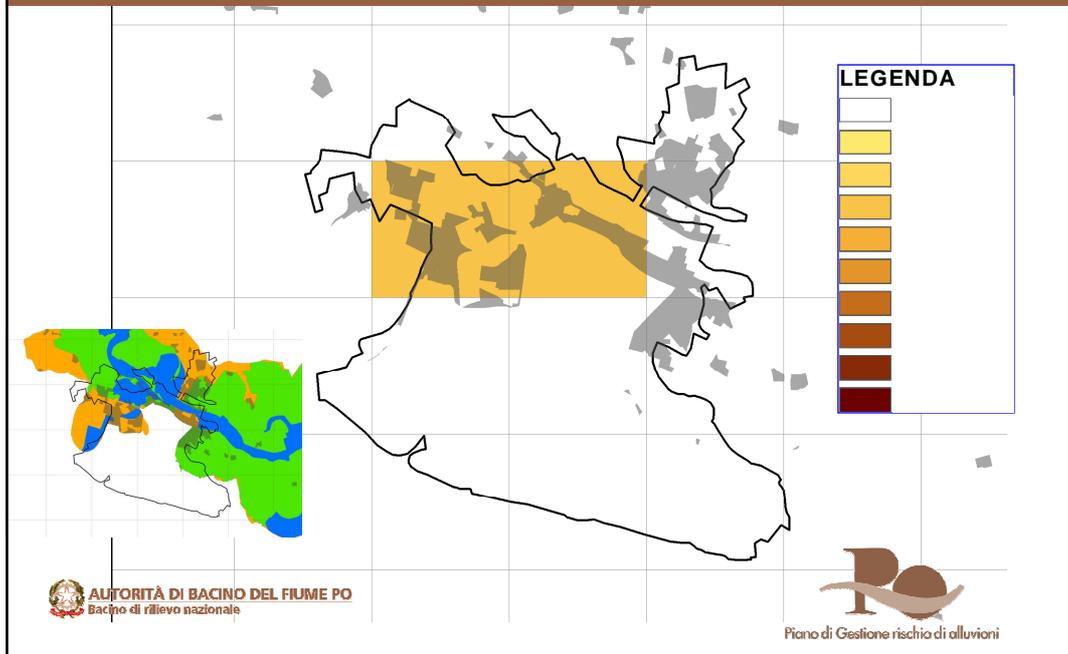
CRITERI E RELATIVI SUB-INDICI UTILIZZATI

1. Popolazione presente nelle aree allagabili
2. Superficie di tessuto residenziale e attività produttive in R4, R3, R2
3. Lunghezza di strade e ferrovie principali presenti nelle aree allagabili
4. Superficie e numero di aree allagabili sovrapposte generate da ambiti diversi

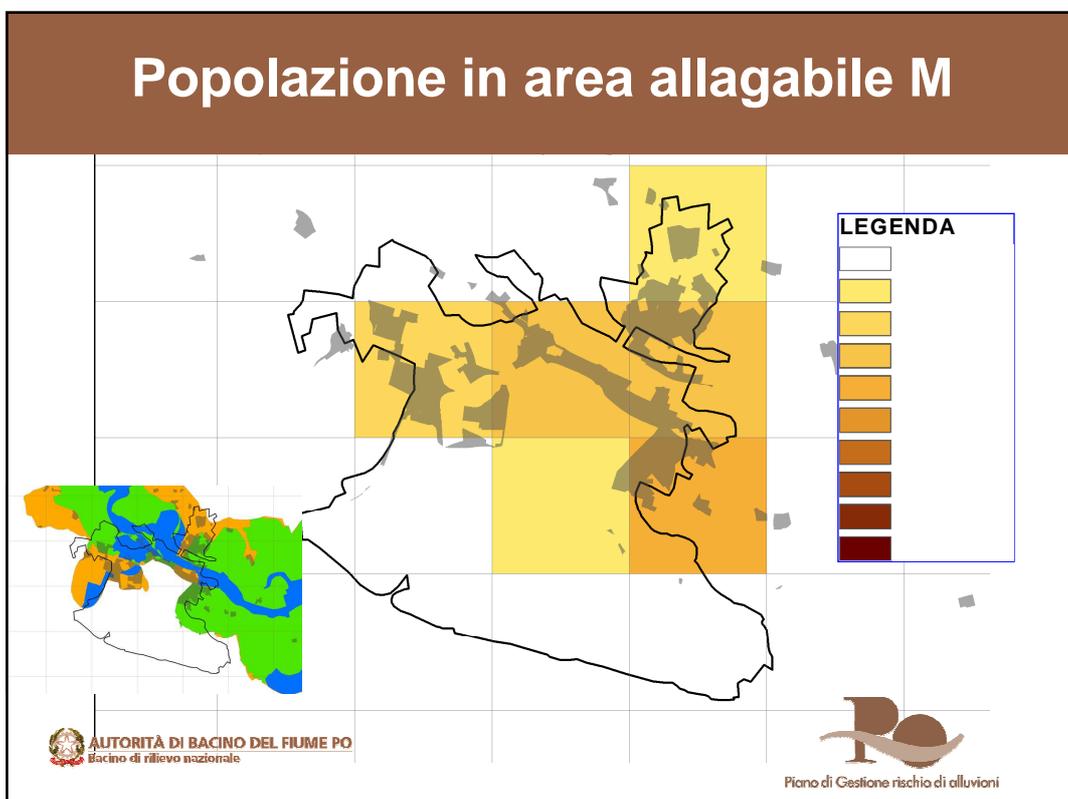
(1) POPOLAZIONE IN AREE ALLAGABILI



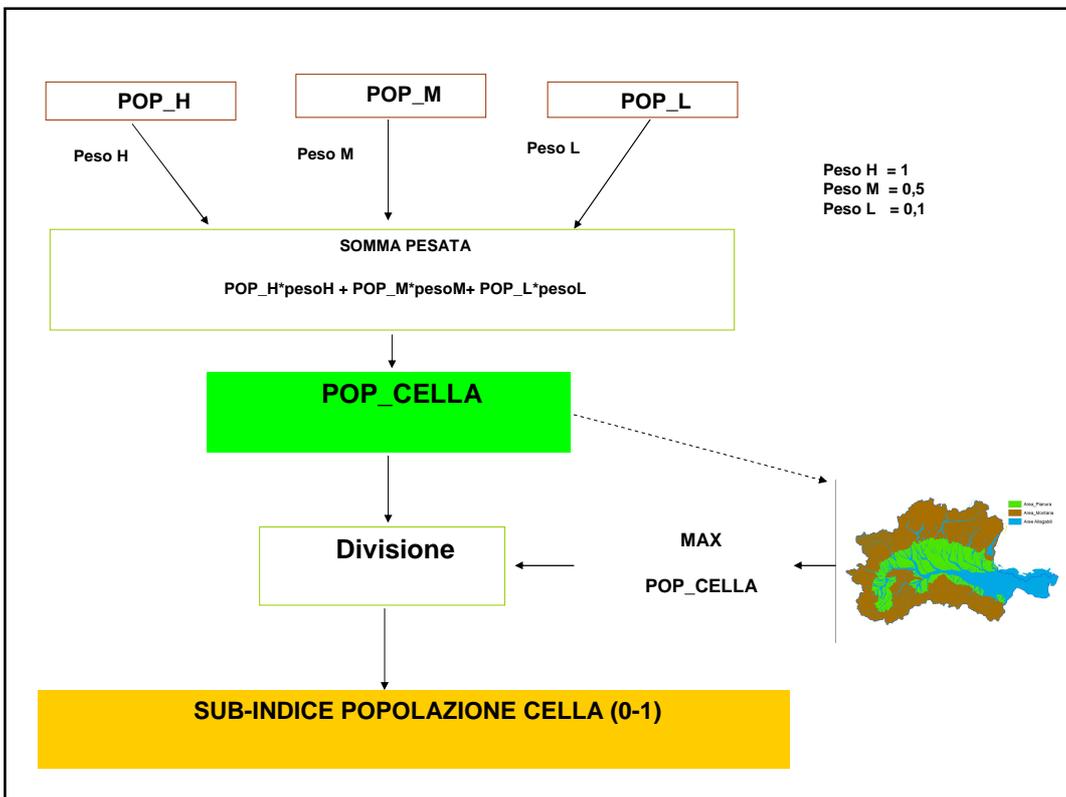
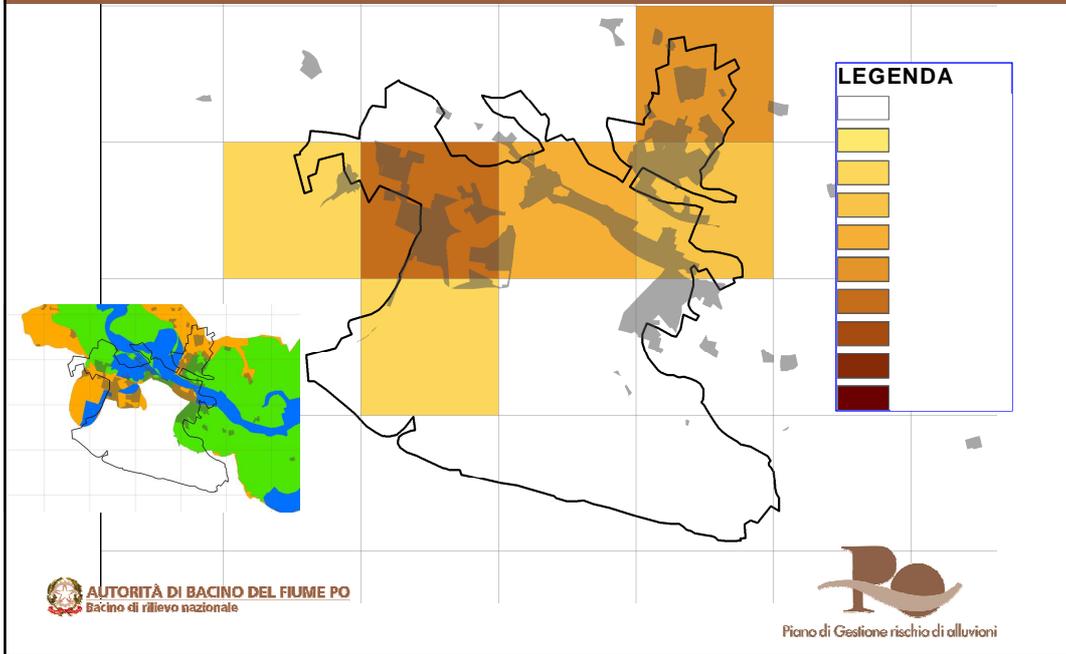
Popolazione in area allagabile H

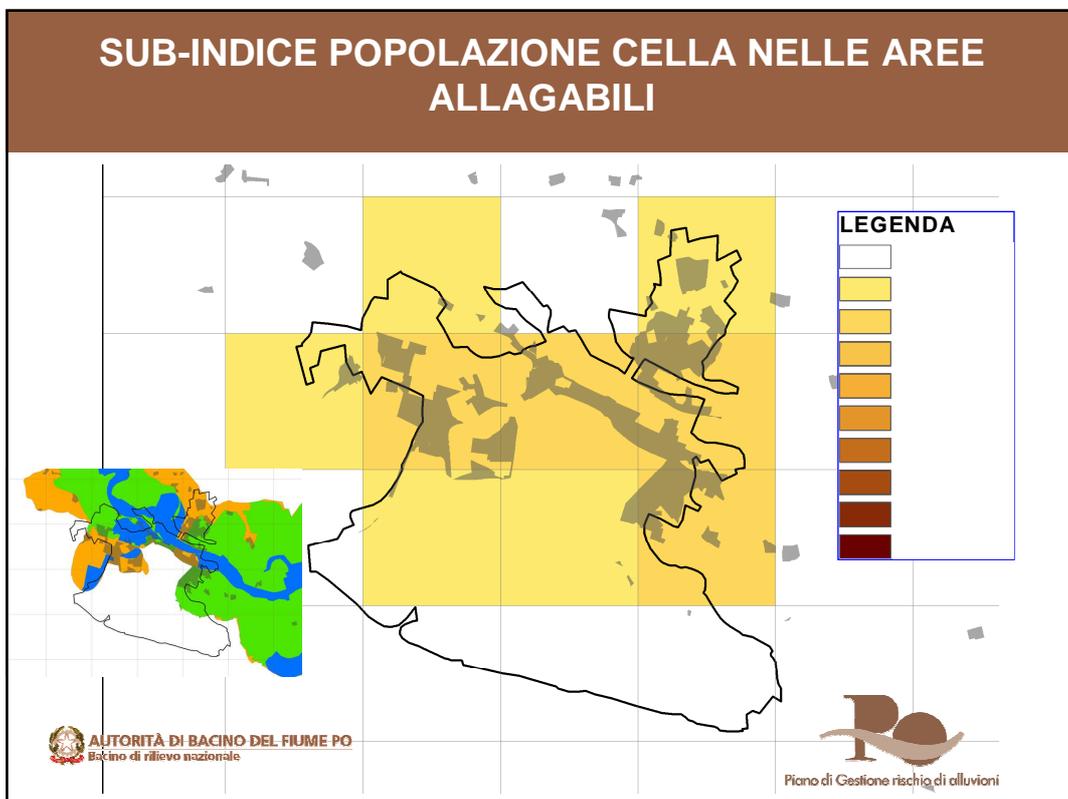
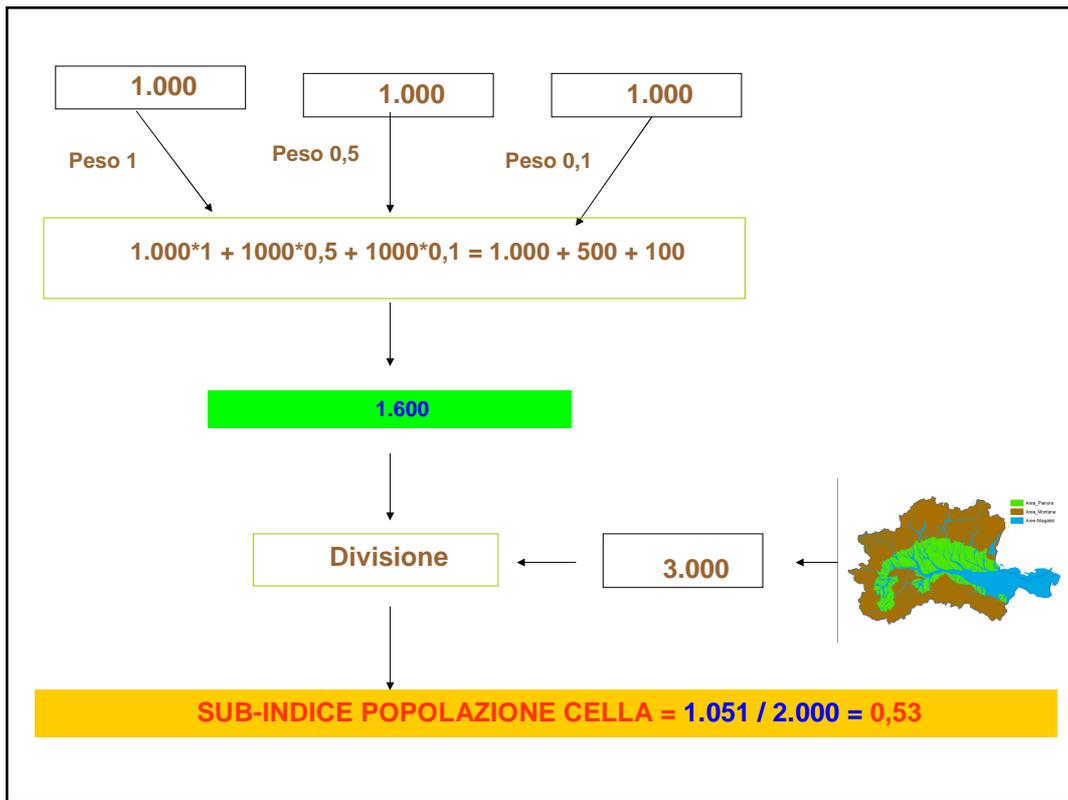


Popolazione in area allagabile M

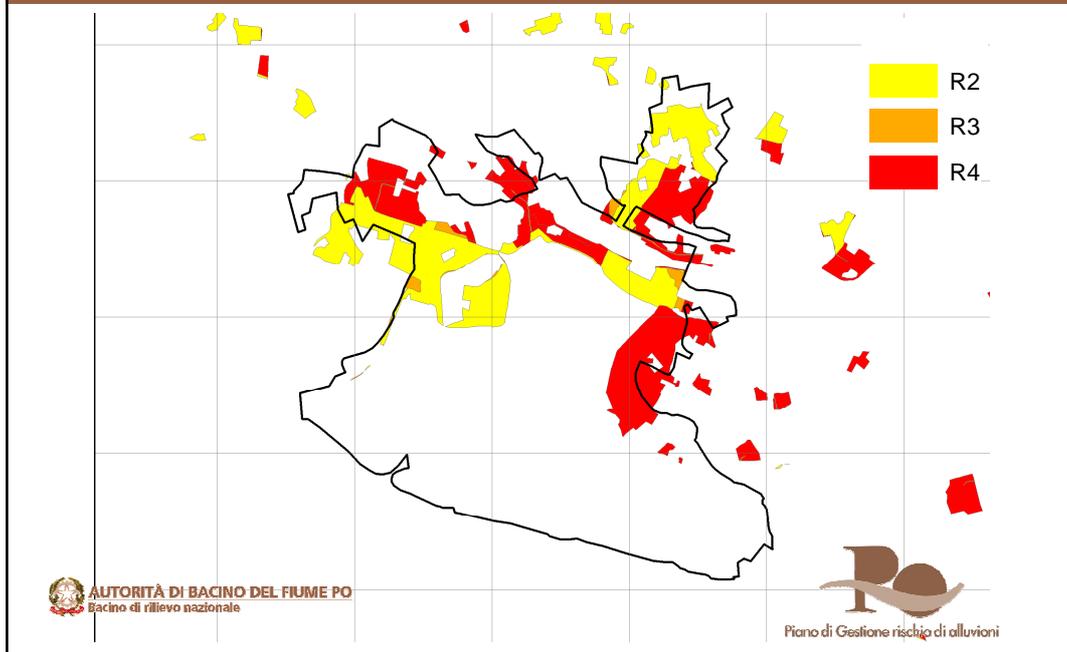


Popolazione in area allagabile L





(2) TESSUTO REDISENZIALE E ATTIVITA' PRODUTTIVE

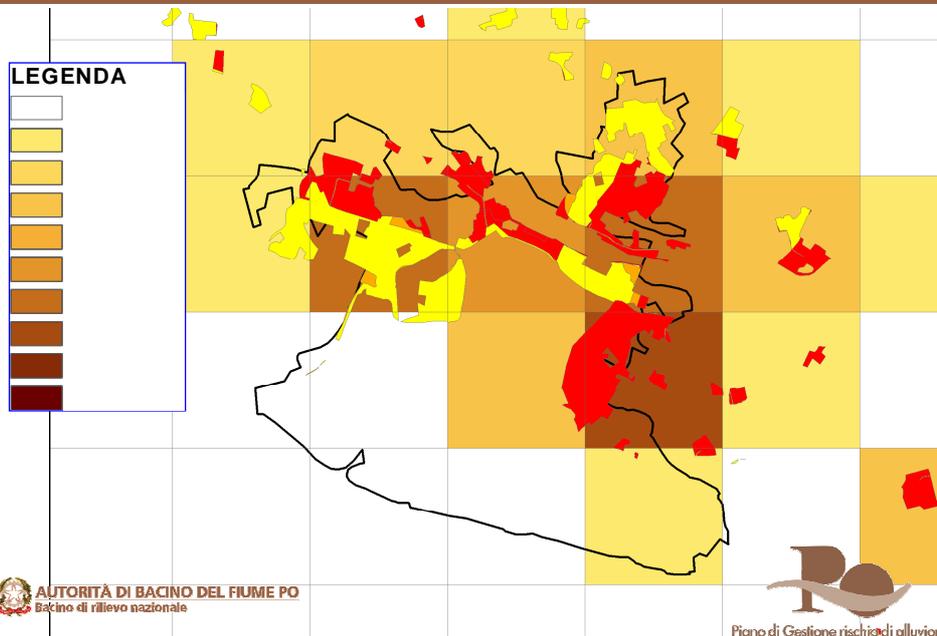


Peso R4 = 1

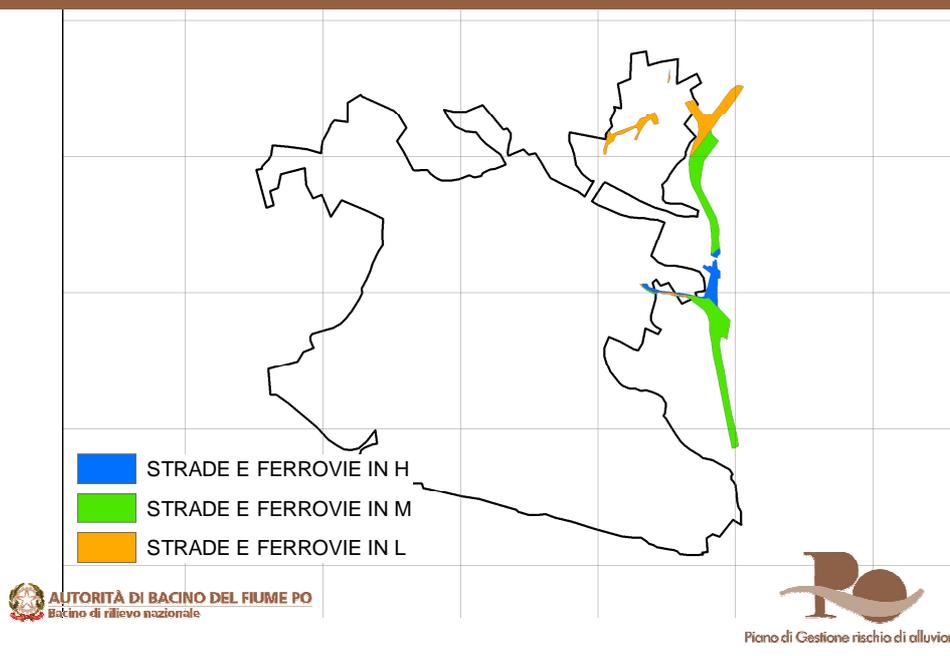
Peso R3 = 0,6

Peso R2 = 0,2

SUB-INDICE TESSUTO REDISENZIALE E ATTIVITA' PRODUTTIVE CELLA



(3) STRADE E FERROVIE PRINCIPALI

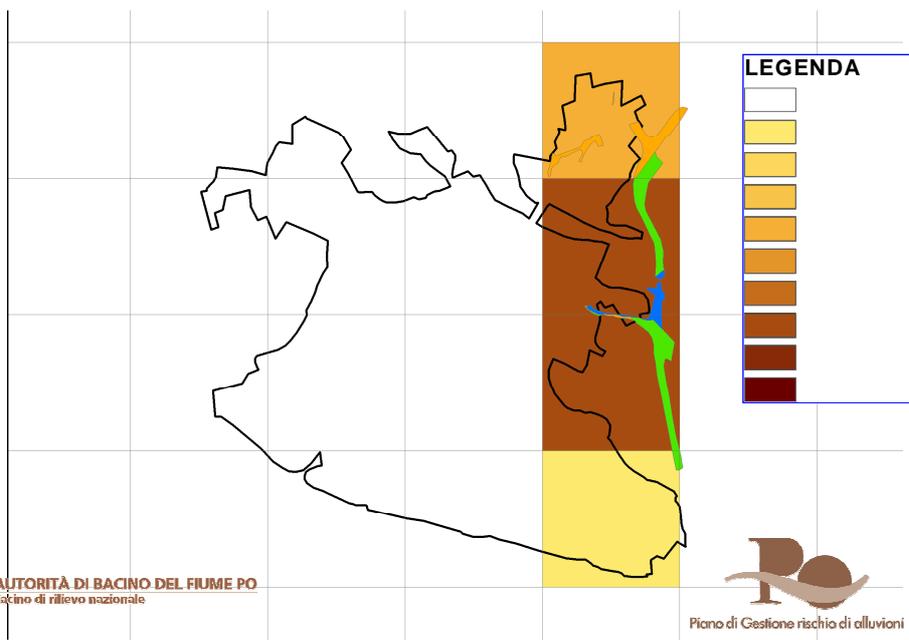


Peso H = 1

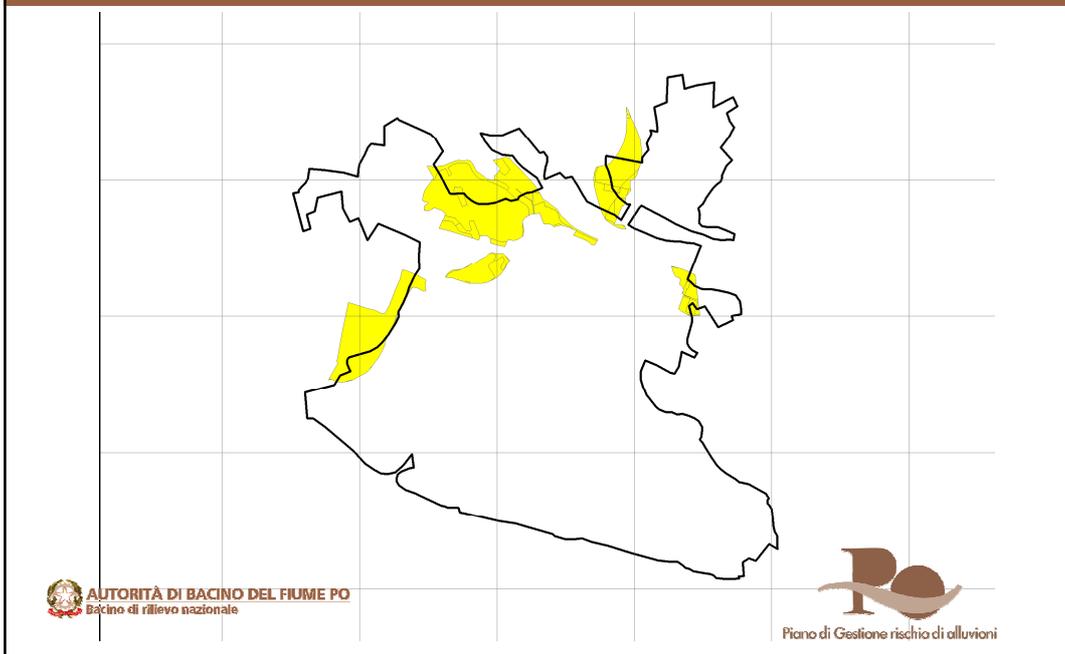
Peso M = 0,5

Peso L = 0,1

SUB-INDICE STRADE E FERROVIE PRINCIPALI CELLA



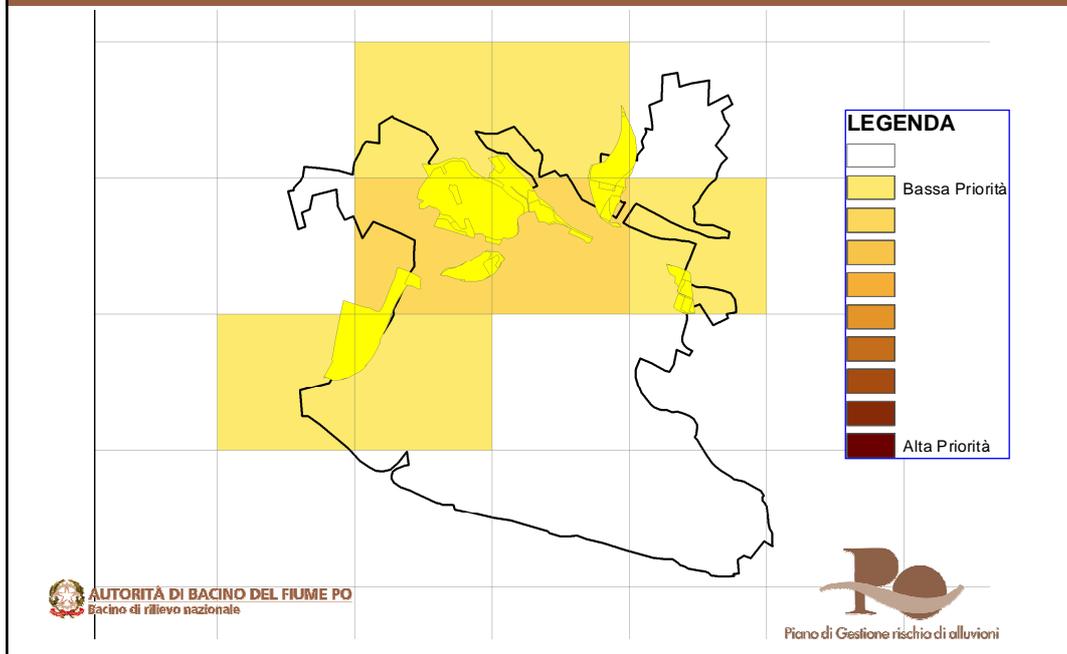
(4) SUPERFICIE DI AREE ALLAGABILI SOVRAPPOSTE CAUSATE DA AMBITI DIVERSI



Peso 3 sovrapposizioni = 1

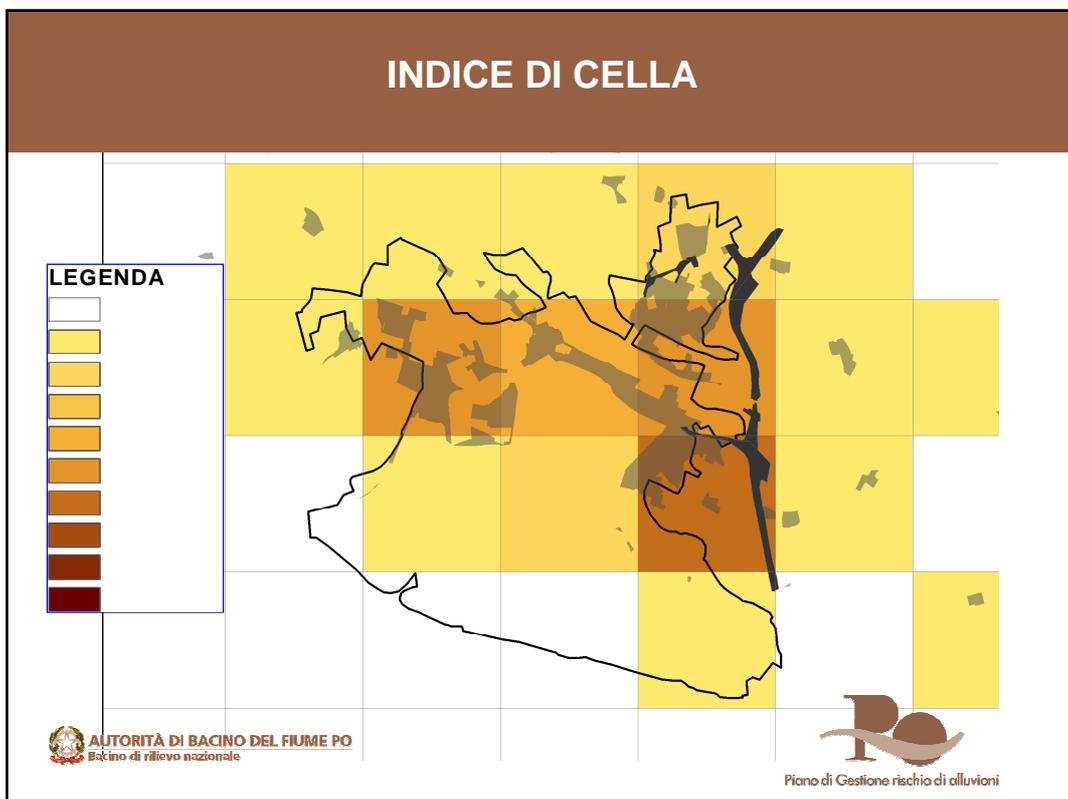
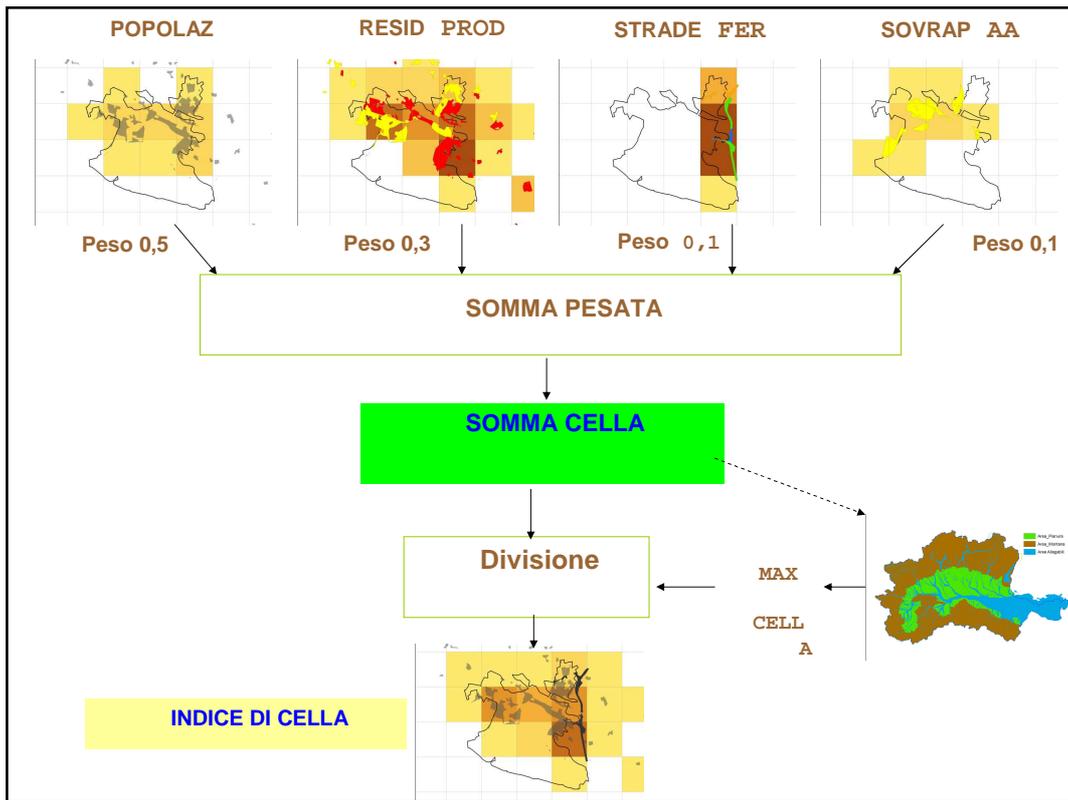
Peso 2 sovrapposizioni = 0,6

SUB-INDICE AREE ALLAGABILI SOVRAPPOSTE A CAUSA DI AMBITI DIVERSI



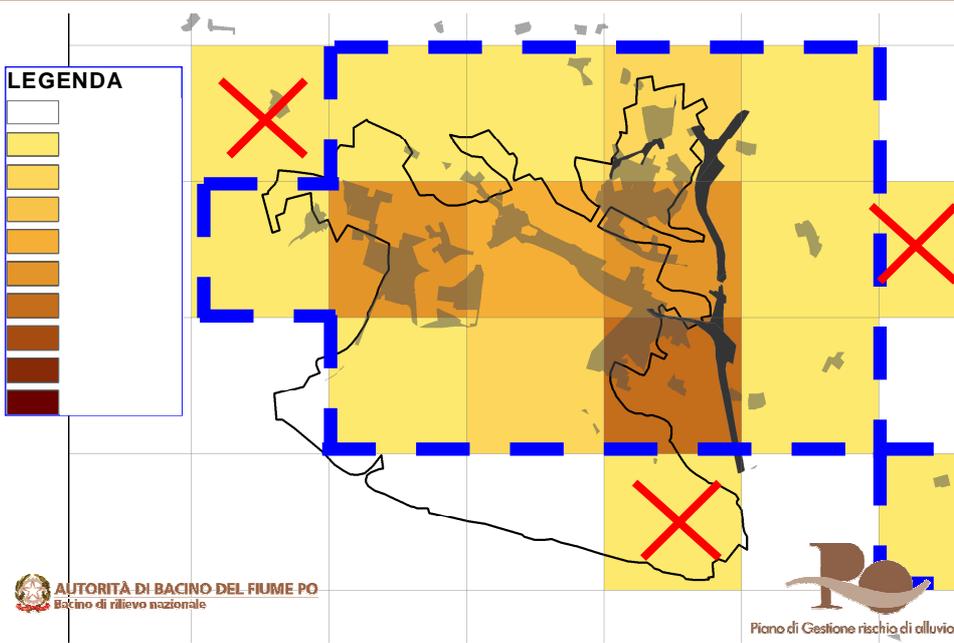
(c) CALCOLO DI UN INDICE DI CELLA (di ordinamento o gerarchizzazione)





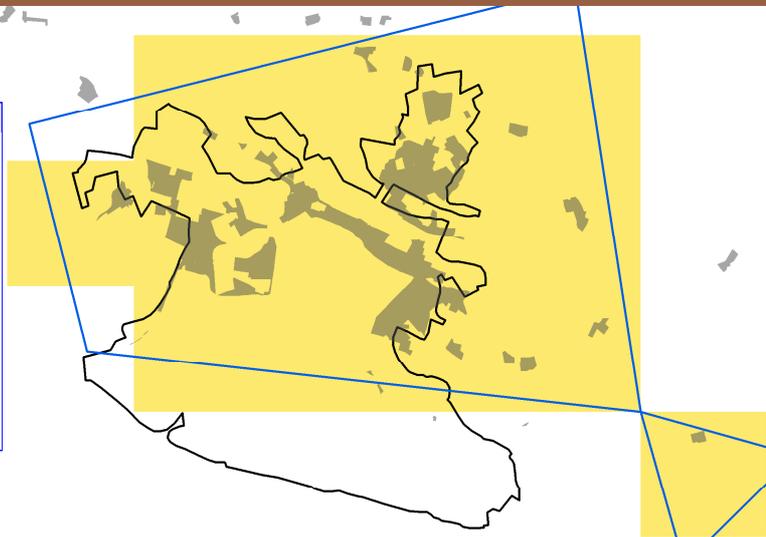
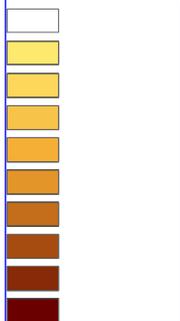
(d) INDIVIDUAZIONE DELLE ARS (Indice delle ARS)

(1) SELEZIONE CELLE SOPRA SOGLIA E CONTINUE



(2) SOMMA INDICI DI CELLA SELEZIONATI

LEGENDA



INDICE ARS = 1,12



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale



Piano di Gestione rischio di alluvioni

(2) RISULTATI



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale



Piano di Gestione rischio di alluvioni



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale

Via Garibaldi, 75 43100 Parma –Tel. 0521 2761
www.adbpo.it - partecipo.difesaalluvioni@adbpo.it