PROTOCOLLO D'INTESA

FINALIZZATO ALL'ADOZIONE DI STRATEGIE CONDIVISE PER LA RILEVAZIONE DI POSSIBILI RISCHI SANITARI RIFERIBILI A CRITICITÀ AMBIENTALI INDIVIDUATE NEI COMUNI COMPRESI NELLA GIURISDIZIONE DELLA PROCURA DELLA REPUBBLICA DI SANTA MARIA CAPUA VETERE

METODOLOGIA PER LO SVILUPPO DI UN INDICE DI PRESSIONE AMBIENTALE NEI COMUNI COMPRESI NELLA GIURISDIZIONE DELLA PROCURA DELLA REPUBBLICA DI SANTA MARIA CAPUA VETERE

1. Premessa

Il primo passo per la studio delle condizioni ambientali di una determinata area geografica, finalizzato ad una valutazione epidemiologica della condizione di salute della popolazione residente, è rappresentato da una puntuale e dettagliata analisi delle caratteristiche territoriali ed ambientali dell'area oggetto di studio, dall'identificazione delle fonti di pressione presenti all'interno di essa e dai relativi impatti esercitati sulle varie componenti ambientali, oltre alle opportune e complesse valutazioni circa l'area ed i livelli di esposizione della popolazione target.

In tal senso, l'area oggetto di studio, coincidente con il comprensorio di competenza della Procura di Santa Maria Capua a Vetere, è caratterizzata dalla presenza di sorgenti di contaminazioni puntuali e/o diffuse, di differente tipologia e dimensioni, variamente distribuite sul territorio che generano pressioni e, di conseguenza, impatti fortemente diversificati tra di loro.

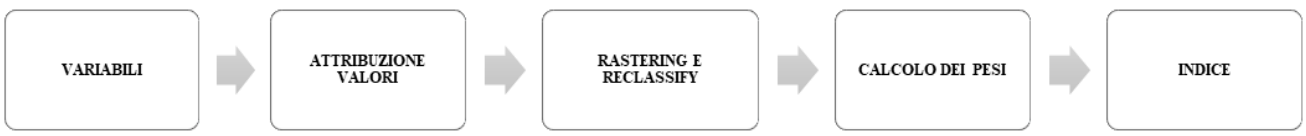
Nel presente elaborato si è sviluppato un modello di valutazione relativa del rischio per classificare aree del comprensorio in funzione del livello di pressione ambientale; in particolare, l'applicazione è stata condotta su base comunale e ha restituito un Indice di pressione comunale (Ipc).

Il calcolo dell'indice di pressione ambientale è stato calcolato sull'intero territorio regionale e successivamente ritagliato sull'area oggetto di studio, rappresentata dal territorio di competenza della Procura della Repubblica di Santa Maria Capua Vetere.

Tale metodo, che rientra nell'analisi multivariate, permette di sintetizzare la variabilità espresso da un ampio set di variabili (sorgenti di contaminazione), in un unico fattore di sintesi. La riduzione delle variabili, infatti, agevola lo studio interpretativo di fenomeni estremamente complessi come quello in studio.

2. Approccio metodologico

Nel presente elaborato sono state prese in considerazione una serie di sorgenti di contaminazione, a sua volta elaborate ed analizzate allo scopo di definire un indice composito di pressione ambientale; l'impostazione metodologica adottata si può sintetizzare con il seguente schema a blocchi:



Il modello concettuale proposto definisce le sorgenti di contaminazione come punti/poligoni presenti sul territorio in esame, a cui è stato attribuito un valore numerico qualitativo tale da poter identificare una scala di priorità dei punti individuati all'interno della variabile stessa. Le sorgenti sono state georeferenziate, rese congruenti e ordinate all'interno di un database geografico nella forma di file vettoriali, costituiti da punti (es. discariche, impianti di gestione rifiuti, ecc.) e poligoni (es. corpi idrici sotterranei, uso del suolo, ecc.).Le variabili sono state poi processate per

standardizzarle e renderle utilizzabili sul dominio geografico d'interesse tramite procedure di interpolazione Kriging, IDW (Singh e Verma 2019) o di rasterizzazione. Le variabili prese in considerazione sono riportate nella tabella seguente:

	Sorgenti di contaminazione A_i	***Origine dati***
A	**Siti contaminati** A1) Discariche contaminate ai sensi del D. Lgs. 152/06 A2) Particelle TdF 5,4,3 classificate ai sensi del decreto D. Lgs.n° 56 del 09/03/15 e D. Lgs. n°191 19/08/15	*Regione - Piano regionale di bonifica* *ARPAC*
B	**Aree di particolare interesse** E1) Siti di interesse Nazionale E2) Siti di interesse locale E3) Discariche abusive E4) Discariche in attesa di indagine	*Regione - Piano regionale di bonifica* *ARPAC*
D	**Stato corpi idrici – Analisi acque** C2) Corpi idrici sotterranei	*Monitoraggio qualitativo corpi idrici ARPAC + Campania Trasparente*
E	***Potential hazard* – Analisi suolo**	*Campania Trasparente*
F	**Sversamenti illeciti e roghi**	*SMA Campania + Osservatorio Regionale Sicurezza Alimentare*
G	**Impianti gestione rifiuti**	*ARPAC*
H	**Particelle Decreto TdF classe 2a, 2b**	*Regione – Piano regionale di bonifica* *ARPAC*

L'approccio metodologico utilizzato per la definizione delle aree a differente grado di pressione ambientale prevede la determinazione di un Indice Ipc per ogni comune, che quantifica numericamente le pressioni prodotte dall'insieme delle sorgenti considerate, a cui viene assegnato preliminarmente un peso di importanza relativa tramite l'applicazione di una analisi multi-criteria (Analytic Hierarchy Process). La definizione di un peso per le singole sorgenti di contaminazione risulta necessaria per poter diversificare le pressioni esercitate da ciascuna fonte e per riprodurre la diversa pericolosità: l'approccio sfrutta i principi posti alla base del processo di valutazione del rischio relativo (risk risk managment) .

Il metodo si basa su una serie di confronti a coppie tra le sorgenti di contaminazione, attribuendo sistematicamente ad esse un punteggio di importanza relativa.

L'obiettivo è quindi stabilire quanto ogni sorgente è più importante, in termini di pressioni prodotte e/o presunte, rispetto ad un'altra ed in quale misura, utilizzando la classificazione semantica proposta da Saaty (Saaty 2002).

Nell'assegnazione del punteggio nei singoli confronti a coppie sono stati utilizzati, prevalentemente, riscontri analitici che potessero comprovare, nella maniera più oggettiva possibile, la pericolosità di ciascuna delle variabili assunte a riferimento, cercando così di ridurre al minimo la componente soggettiva insita in tale approccio. La bontà dei giudizi è stata successivamente analizzata sotto il profilo statistico-matematico per garantire la massima affidabilità del procedimento.

2.1 Analityc Hierarchy Process - AHP

Nel processo, si definisce Ai la singola sorgente di contaminazione considerata e aij il valore numerico risultante dal confronto fra i criteri i e j, che può variare da 1 a 9, dove ciascun valore della scala corrisponde alle seguenti:

Valori a_{ij}	***Interpretazione***
1	i e j sono equamente importanti
3	i è moderatamente più importante di j
5	i è molto più importante di j
7	i è fortemente più importante di j
9	i è estremamente più importante di j

Sono stati considerati, inoltre, valori intermedi non presenti all'interno della tabella (es 2,4,6,8). Il risultato di tutti i confronti genererà la matrice A che verrà successivamente utilizzata per creare il vettore dei pesi percentuali (priority vector) di ogni singola sorgente presa in considerazione. La matrice risultante A è una matrice quadrata di dimensioni 8 x 8 in cui, al di sopra della diagonale principale si inseriscono i valori risultanti dai confronti a coppie, mentre nella parte inferiore figurano i reciproci di tali valori.

I valori aij della matrice A presentano le seguenti proprietà:

1) se aij = a, allora aji = 1/a, con a > 0;
2) se la variabile Ai è giudicata essere di uguale intensità relativa ad Aj, allora aij = aji= 1.

Di seguito si propone la matrice risultante dai confronti a coppie tra le singole sorgenti di contaminazione considerate. L'ultima riga riporta la somma dei singoli elementi che compongono ciascuna colonna.

	A	**B**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
A	*1,00*	*3,00*	*3,00*	*3,00*	*5,00*	*5,00*	*9,00*
B	*0,33*	*1,00*	*2,00*	*2,00*	*4,00*	*6,00*	*8,00*
D	*0,33*	*0,50*	*1,00*	*1,00*	*3,00*	*5,00*	*6,00*
E	*0,33*	*0,50*	*1,00*	*1,00*	*3,00*	*5,00*	*6,00*
F	*0,20*	*0,25*	*0,33*	*0,33*	*1,00*	*5,00*	*6,00*
G	*0,20*	*0,17*	*0,20*	*0,20*	*0,20*	*1,00*	*3,00*
H	*0,11*	*0,13*	*0,17*	*0,17*	*0,17*	*0,33*	*1,00*
Σ	2,51	5,54	7,70	7,70	16,37	27,33	39,00

La matrice A ottenuta è stata normalizzata, dividendo ciascun elemento aij per la somma relativa alla colonna j-esima. Successivamente, si è proceduto al calcolo del valore medio di ciascuna riga i-esima della matrice, definendo il "priority vector".

	A	B	D	E	F	G	H	Priority Vector
A	0,39823	0,54135	0,38961	0,38961	0,30550	0,18293	0,23077	***0,34829***
B	0,13274	0,18045	0,25974	0,25974	0,24440	0,21951	0,20513	***0,21453***
D	0,13274	0,09023	0,12987	0,12987	0,18330	0,18293	0,15385	***0,14325***
E	0,13274	0,09023	0,12987	0,12987	0,18330	0,18293	0,15385	***0,14325***
F	0,07965	0,04511	0,04329	0,04329	0,06110	0,18293	0,15385	***0,08703***
G	0,07965	0,03008	0,02597	0,02597	0,01222	0,03659	0,07692	***0,04106***
H	0,04425	0,02256	0,02165	0,02165	0,01018	0,01220	0,02564	***0,02259***

Per ciascuna sorgente di contaminazione presa in considerazione, il modello ha restituito il relativo peso percentuale. Nella tabella proposta di seguito, le sorgenti sono elencate in ordine decrescente:

Variabili		*Pesi (%)*
A	Siti contaminati	34,9
B	Aree di particolare interesse	21,4
D	Stato corpi idrici - Analisi acque	14,3
E	Potential Hazard - Analisi suoli	14,3
F	Sversamenti illeciti di rifiuti e roghi	8,7
G	Impianti di gestione rifiuti	4,1
H	Particelle Decreto TdF classe 2a, 2b	2,2

Com'è facilmente intuibile, la variabile Siti contaminati è quella che assume un'importanza maggiore rispetto alle altre, in quanto tiene conto di tutti quei siti in cui è stato accertato un rischio sanitario per la popolazione potenzialmente esposta.

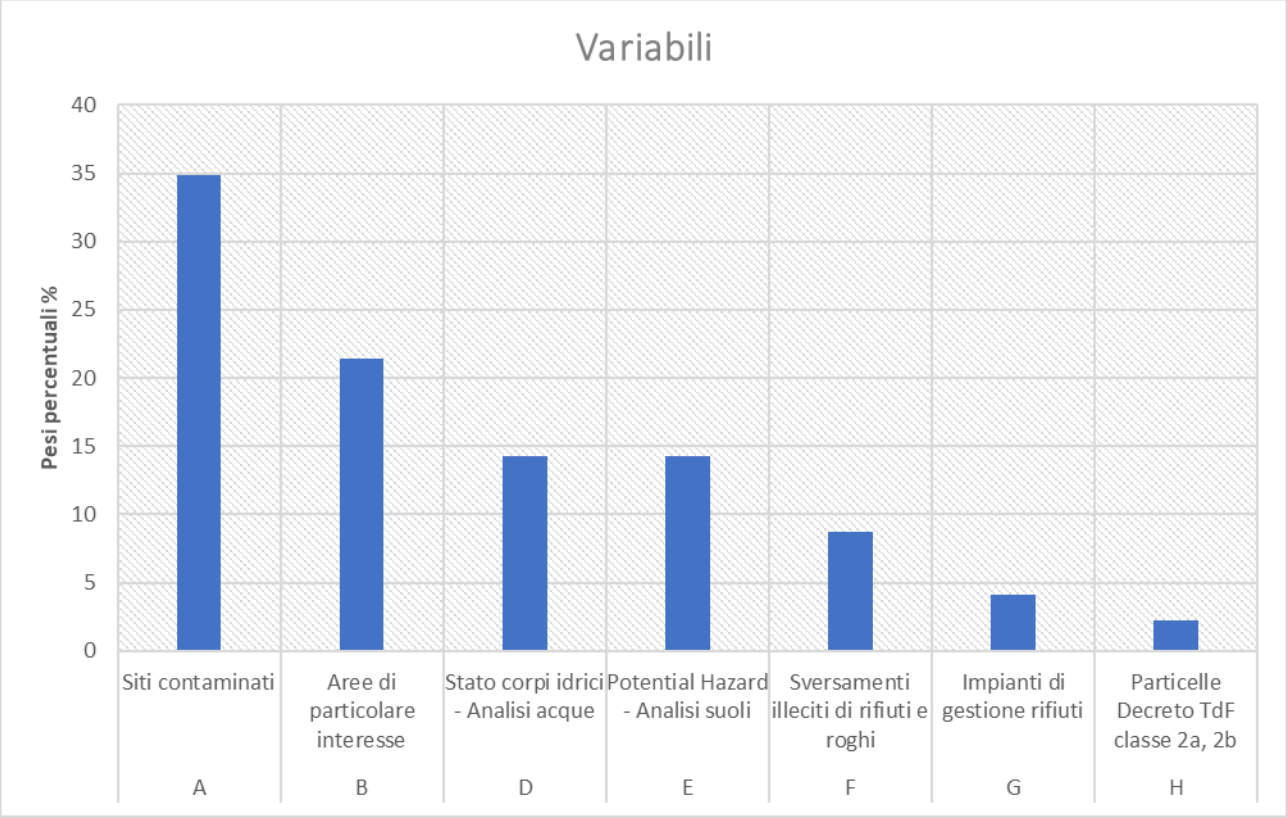
A seguire la variabile Aree di particolare interesse con uno scarto del 13,5% rispetto al parametro precedente, rappresentativo dell'importanza che uno stato di contaminazione assume rispetto alla potenziale contaminazione di un sito. Tale differenza è dovuta ad una condizione di potenziale contaminazione, in cui è stato riscontrato almeno un superamento delle CSC che, in riferimento alle aree di particolare interesse, è sicuramente riconducibile ad attività antropiche, tuttavia non è stato ancora accertato un rischio per la salute pubblica.

Per quanto riguarda la variabile dei corpi idrici sotterranei e dal Potential Hazard emerge una diminuzione della percentuale di importanza.

In riferimento agli Sversamenti illeciti di rifiuti e roghi, considerando tale variabile una fonte

puntuale di inquinamento ed un fenomeno di contaminazione potenziale puntuale con tempi di esposizione limitati, è stata assegnata un'importanza molto meno rilevante rispetto alla variabile Siti Contaminati e moderatamente meno importante rispetto ai dati analitici sullo stato dei corpi idrici sotterranei.

Infine, le variabili Impianti di gestione dei rifiuti e Particelle Decreto TdF risultano avere un'importanza inferiore rispetto alle variabili finora elencate poiché la prima tiene in considerazione situazioni di gestione autorizzata, mentre la seconda considera le Particelle TdF per le quali non risulta ancora effettuata un'indagine sito-specifica (classi 2.a e 2.b) e quelle di classe 5, 4 e 3 che, a seguito delle indagini, non risultano inquinate.



Distribuzione peso delle variabili in percentuale

Per valutare se la matrice A risulta consistente, ovvero che sia stato rispettato il requisito di coerenza e significatività nei giudizi espressi dagli "indici di preferenza", si sommano tutte le celle appartenenti alla riga i-esima della matrice non normalizzata, si moltiplicano vettorialmente per la somma del priority vector e si dividono per il peso del criterio relativo a quella riga. In tal modo è possibile quantificare la consistenza di ciascuna priorità come mostrato nella tabella che segue:

L'indice di consistenza CI (Consistency Index) dell'intera matrice A, si valuta tramite la relazione riportata di seguito, dove λ rappresenta il massimo autovalore della matrice A ed n la dimensione della matrice stessa:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$$

se il valore di CI è zero allora la matrice è consistente; se devia da n, allora la matrice non è perfettamente consistente, sebbene la metodologia utilizzata accetti un basso grado di inconsistenza

perché questo non pregiudica la validità del risultato ottenuto.

In prima approssimazione, il massimo autovalore della matrice A può essere valutato facendo riferimento alla media delle consistenze relative alle singole variabili; ne scaturisce un autovalore massimo pari a 8.70, prossimo alla dimensione n della matrice A.

Noto l'indice di consistenza, è possibile definire il Random Consistency Index (RI), i cui valori risultano disponibili in funzione della dimensione della matrice A. Nel caso specifico, per n=8 il valore di RI risulta pari a 1.41.

ORDINE DELLA MATRICE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

A questo punto è possibile valutare il Rapporto di Consistenza (CR, Consistency Ratio) della matrice A, definito dal seguente rapporto:

$$CR = CI/RI$$

Affinché la matrice A risulti consistente, tale rapporto deve essere inferiore a 0,1. Nel caso specifico, tale rapporto ha restituito un valore di 0,079 da cui si evince che la matrice A, così come strutturata, risulta consistente.

2.2 Determinazione dell'Indice di pressione ambientale comunale

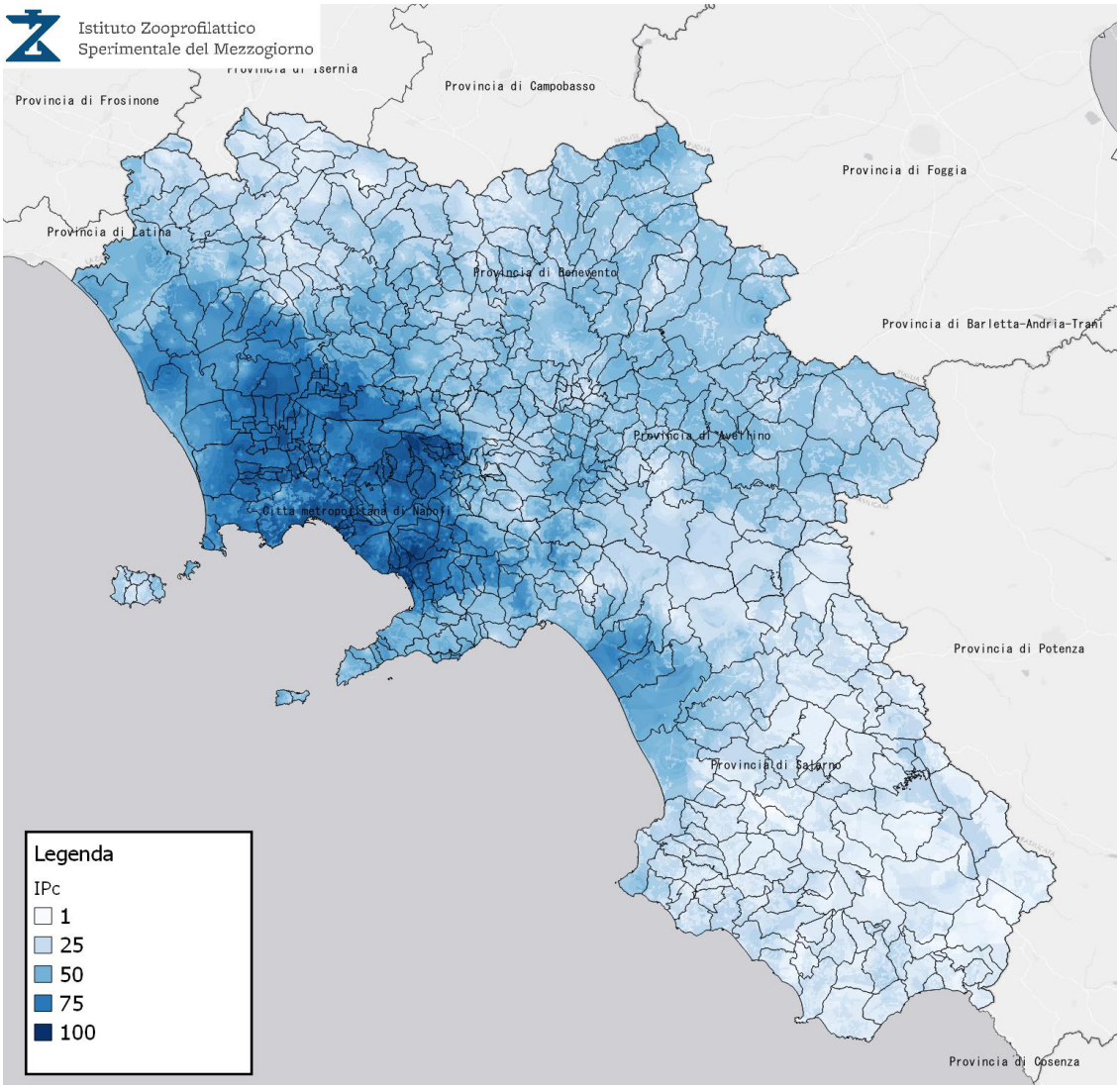
Una volta determinati i pesi "Pi" da assegnare a ciascuna variabile si procede con la determinazione dell'indice di pressione comunale Ipc: questo è stato determinato utilizzando il tool extAHP 2.0 dell'applicativo ArcGIS, inserendo come elementi di input le sorgenti di contaminazione (rappresentate da punti e poligoni), elaborate preventivamente attraverso rasterizzazione di tipo IDW (inverse distance weighted), in quanto alcune di esse non presentano una distribuzione omogenea nello spazio (fenomeni puntuali e localizzati). Si è proceduto poi a effettuare delle clusterizzazioni con tecnica del Natural Breaks.

Attraverso tale approccio è stato possibile modellare e tenere conto dell'andamento della variabile Ip nello spazio a partire dal punto/poligono sorgente e di effetti di tipo cumulativo in presenza di più sorgenti diversificate tra di loro.

Per la determinazione dell'Indice di impatto comunale Ipc è stato utilizzato il tool Statistiche Zonali che ha consentito di specializzare l'indice su ciascun territorio comunale considerato.

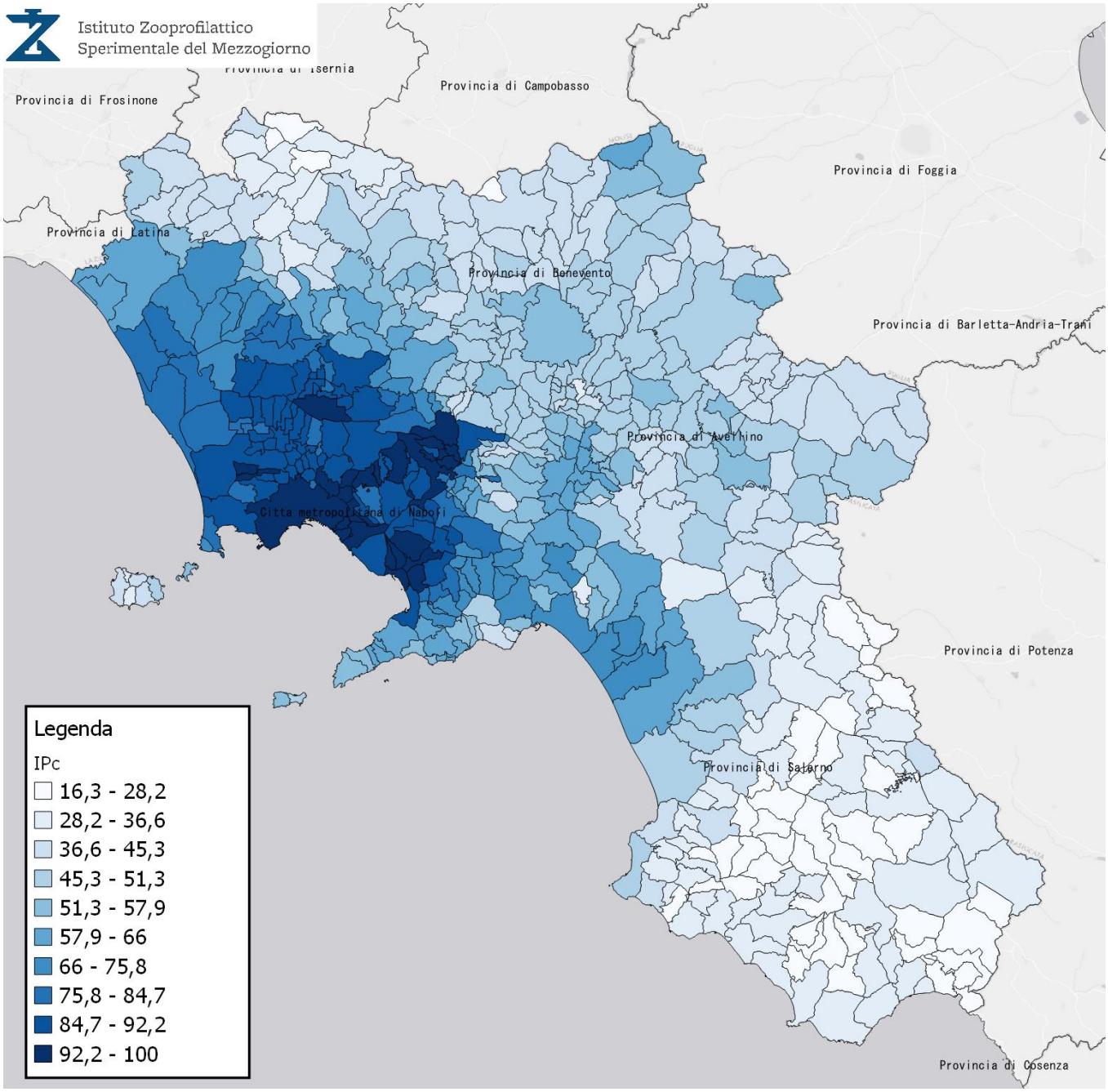
Dall'analisi dei risultati si evince che, l'indice Ip presenta una certa variabilità all'interno di ciascun comune considerato (zone a maggior impatto rispetto ad altre); tuttavia si è preferito definire un valore unico dell'indice Ip in modo tale da facilitare il confronto con indicatori aggregati a livello comunale (es. registro tumori, dati epidemiologici, ecc.).

Il valore selezionato corrisponde al valore massimo e al valore mediano di Ip per ciascun comune (Ipc).

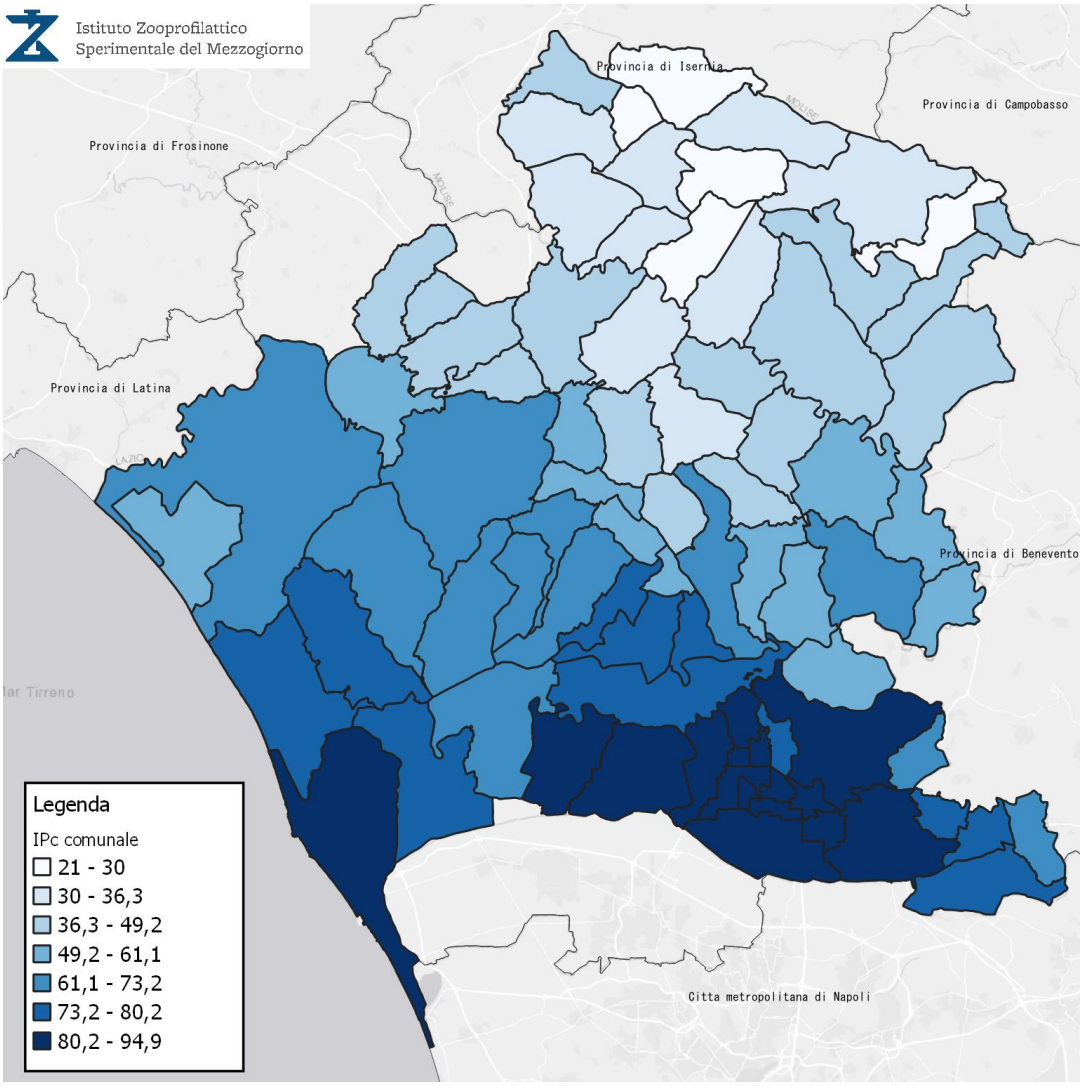


Rappresentazione dell'indice di pressione ambiente (iP) sul territorio regionale

È di fondamentale importanza evidenziare che il calcolo dell'indice di pressione ambientale è stato calcolato sull'intero territorio regionale e successivamente ritagliato sull'area oggetto di studio, rappresentata dal territorio di competenza della Procura della Repubblica di Santa Maria Capua Vetere, in quanto, la presenza di sorgenti di contaminazione in un comune o in una determinata area anche esterna a quella oggetto di studio, influenza inevitabilmente il bilancio ambientale di quelli limitrofi.



Rappresentazione Indice di pressione ambientale aggregato sul territorio comunale (iPc)



Rappresentazione Indice di pressione per i comuni del comprensorio della Procura di S.M.C.V

ALLEGATO - Tabella riepilogativa degli Indici di pressione ambientale comunale.

PRO_COM	COMUNE	Index_median	Index_max
61001	Ailano	9,31	26,17
61002	Alife	10,00	31,25
61003	Alvignano	10,47	35,57
61004	Arienzo	27,83	50,40
61006	Baia e Latina	11,22	38,38
61007	Bellona	34,15	52,00
61008	Caianello	14,29	22,82

PRO_COM	COMUNE	Index_median	Index_max
61009	Caiazzo	12,38	23,30
61010	Calvi Risorta	22,04	51,02
61011	Camigliano	21,03	38,25
61012	Cancello ed Arnone	44,98	57,10
61013	Capodrise	54,91	63,23
61014	Capriati a Volturno	15,56	45,99
61015	Capua	45,24	54,34
61017	Carinola	38,04	52,11
61018	Casagiove	47,50	55,28
61021	Casapulla	52,33	55,14
61022	Caserta	38,81	91,10
61023	Castel Campagnano	9,18	13,34
61024	Castel di Sasso	9,31	20,51
61026	Castel Morrone	14,34	38,07
61027	Castel Volturno	48,64	82,27
61025	Castello del Matese	7,23	19,17
61102	Cellole	37,39	49,95
61028	Cervino	38,48	52,33
61030	Ciorlano	4,61	15,56
61031	Conca della Campania	9,31	15,73
61032	Curti	52,33	55,35
61033	Dragoni	10,00	26,75
61101	Falciano del Massico	43,56	62,60
61034	Fontegreca	7,58	21,06
61035	Formicola	7,23	20,29
61036	Francolise	30,66	51,20
61038	Gallo Matese	3,76	21,06
61040	Giano Vetusto	20,29	43,76

PRO_COM	COMUNE	Index_median	Index_max
61041	Gioia Sannitica	10,78	32,06
61042	Grazzanise	44,45	55,75
61044	Letino	11,39	18,63
61045	Liberi	9,72	32,63
61047	Macerata Campania	51,06	57,19
61048	Maddaloni	57,40	88,40
61049	Marcianise	59,08	84,47
61050	Marzano Appio	9,79	21,18
61052	Mondragone	45,82	59,33
61055	Pastorano	31,72	52,97
61056	Piana di Monte Verna	11,12	13,87
61057	Piedimonte Matese	9,31	24,08
61058	Pietramelara	10,74	25,28
61059	Pietravairano	10,00	23,84
61060	Pignataro Maggiore	30,23	58,29
61061	Pontelatone	15,21	39,58
61062	Portico di Caserta	55,97	57,19
61063	Prata Sannita	12,22	27,29
61064	Pratella	7,23	24,11
61066	Raviscanina	7,23	13,04
61067	Recale	55,28	59,53
61068	Riardo	12,33	29,70
61070	Roccamonfina	9,31	38,90
61071	Roccaromana	7,23	31,11
61072	Rocchetta e Croce	13,82	31,61
61073	Ruviano	16,27	25,28
61075	San Felice a Cancello	38,70	70,51
61076	San Gregorio Matese	11,39	33,48

PRO_COM	COMUNE	Index_median	Index_max
61104	San Marco Evangelista	76,74	84,75
61078	San Nicola la Strada	65,66	82,20
61080	San Potito Sannitico	9,31	10,27
61081	San Prisco	50,52	54,02
61085	San Tammaro	59,53	89,73
61086	Sant'Angelo d'Alife	7,71	22,72
61082	Santa Maria a Vico	50,34	57,04
61083	Santa Maria Capua Vetere	53,33	58,84
61084	Santa Maria la Fossa	53,15	87,65
61088	Sessa Aurunca	25,17	61,39
61089	Sparanise	29,11	51,20
61091	Teano	16,10	50,09
61093	Tora e Piccilli	11,39	17,33
61095	Vairano Patenora	10,32	23,84
61096	Valle Agricola	7,23	24,53
61097	Valle di Maddaloni	19,98	45,92
61100	Vitulazio	34,53	54,80

ALLEGATO VARIABILI

Nel presente allegato si ripota una breve descrizione delle variabili utilizzate per il calcolo dell'indice di pressione ambientale ed i relativi punteggi assegnati.

1. Siti contaminati

All'interno della variabile siti contaminati sono stati presi in considerazione le discariche contaminate ai sensi del D. Lgs 152/2006 e le particelle di classe 3, 4 e 5, inserite nel Decreto Terra dei Fuochi. A seguito delle attività di indagine eseguite dall'ARPAC, le particelle definite dal decreto sono state ulteriormente classificate in:

Classe uso agricolo	Definizione
A	*Terreni idonei alle produzioni agro-alimentari*
A1	*Terreni idonei alle produzioni agroalimentari previa rimozione dei rifiuti ed analisi delle aree di sedimentazione*
B	*Terreni con limitazione a determinate produzioni agro-alimentari in determinate condizioni*
NC	*Terreni non classificabili*
D	*Terreni con divieto di produzioni agro-alimentari*

Nella determinazione dell'Indice di rischio relativo a tale variabile sono state considerate esclusivamente le particelle di classe 3, 4 e 5 di tipo B, NC, D. Ognuna di tali sorgenti presenta caratteristiche differenti, che vengono rimarcate attraverso l'assegnazione di un differente punteggio che tiene opportunamente conto dei diversi livelli di pericolosità. Nella tabella proposta di seguito sono riportati i punteggi p_i' assegnati alle diverse aree di attenzione prese in considerazione; si è scelto di attribuire un'importanza maggiore, in termini di pericolosità, alle discariche contaminate.

SitiContaminati	Punteggio
Particelle TdF 3,4,5 Classe B	3
Particelle TdF 3,4,5 Classe NC	5
Particelle TdF 3,4,5 Classe D	7
Discariche contaminate	9

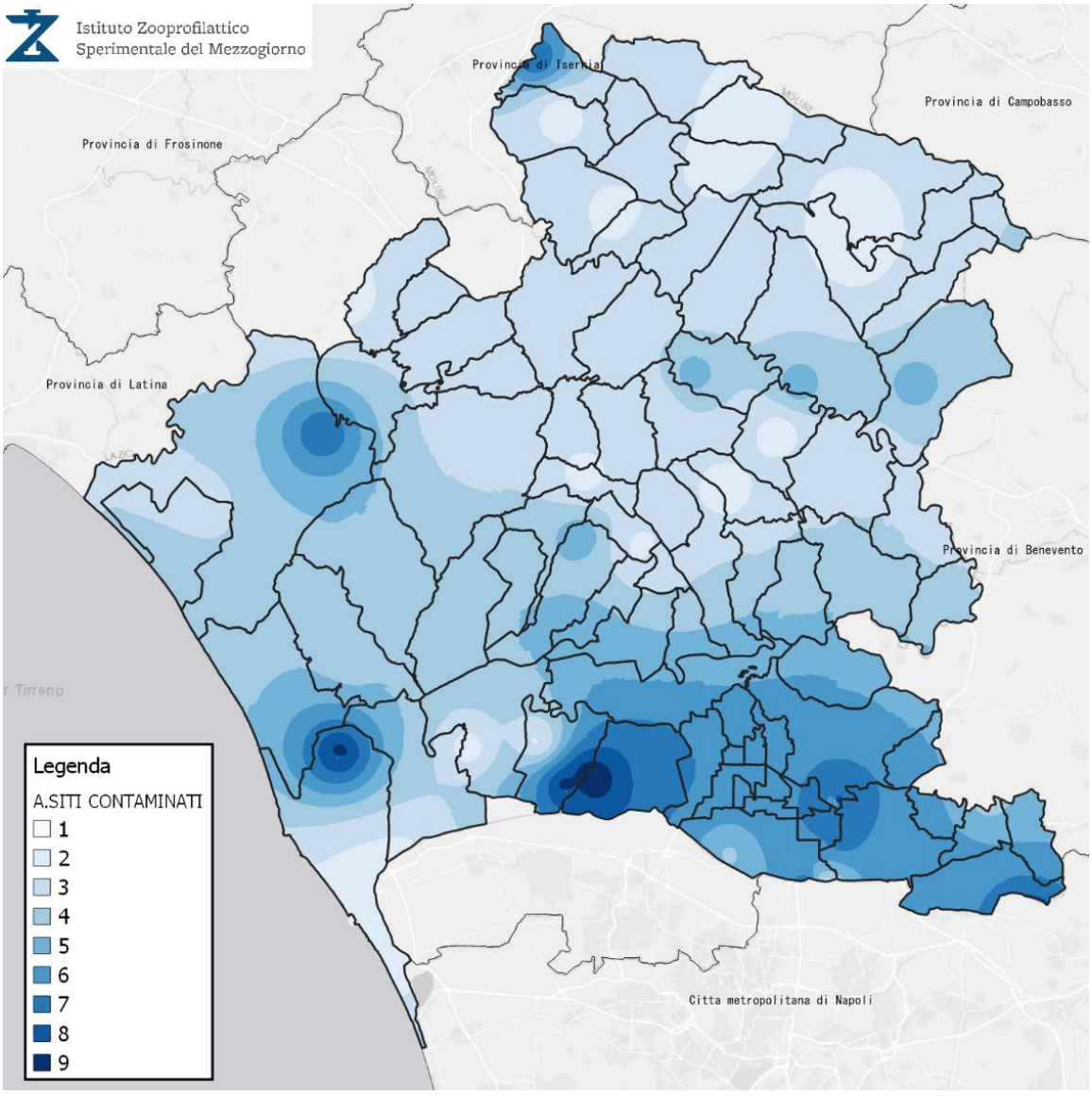
Un ulteriore punteggio pi'' è stato attribuito all'estensione spaziale di tali siti, partendo dal presupposto che maggiore è l'estensione dell'area di interesse e maggiori possono essere le pressioni esercitate;

Superficie siti contaminati (mq)	Punteggio
0 - 2500	2

2500 - 5000	3
5000 -10000	4
10000 - 20000	5
20000 - 50000	7
> 50000	9

L'indice di rischio relativo alla variabile in questione è stato valutato attraverso la relazione proposta di seguito, dove n rappresenta il numero di tali aree presenti su base comunale:

$$I_{RC,\,(siti\ contaminati)} = \sum_{i=1\ to\ n}^{n} pi' \cdot pi''$$



Rappresentazione della variabile Siti Contaminati su territorio di competenza della Procura di S.M.C.V.

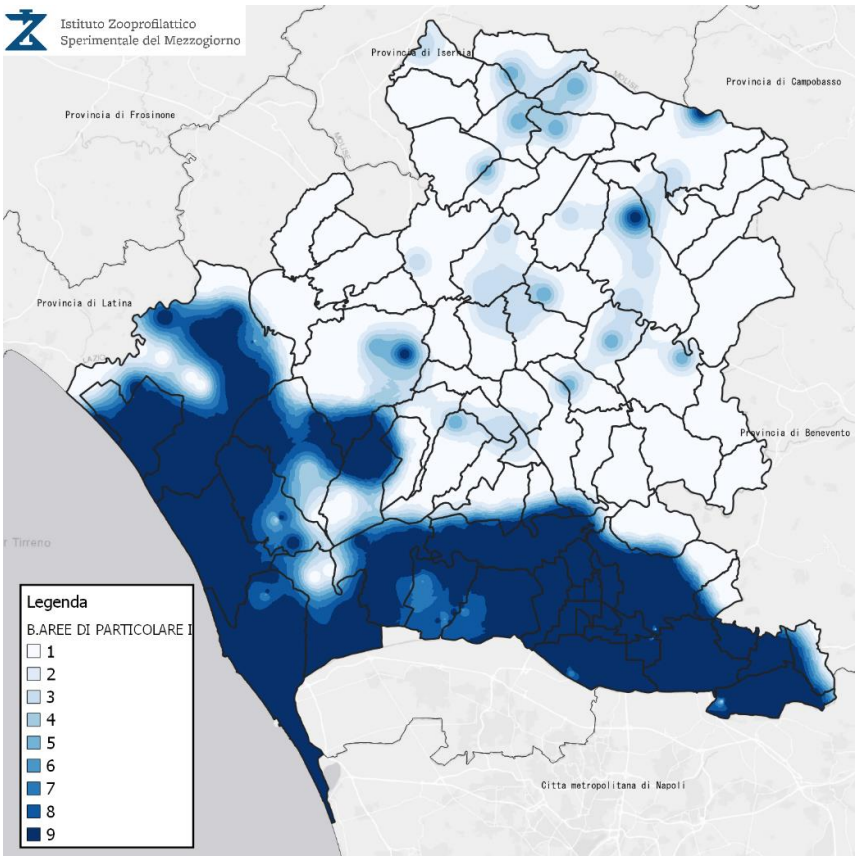
2. Aree di particolare interesse

Per ciascuna area di interesse considerata viene assegnato, preliminarmente, un punteggio pi' sulla base delle diverse pressioni prodotte e/o presunte. All'interno di tale variabile si annoverano tutte quelle aree che presentano un quadro di contaminazione ambientale e di rischio sanitario caratterizzato da molteplici ed eterogenee sorgenti emissive, tale da avere determinato il riconoscimento di "siti di interesse nazionale per le bonifiche" (SIN). Alle suddette aree viene assegnato il punteggio maggiore. Seguono le discariche abusive, i siti potenzialmente contaminati e in attesa di caratterizzazione.

Aree di particolare interesse	Punteggio
Siti di interesse nazionale	9
Discariche abusive	7
Aree in attesa di caratterizzazione	5
Siti potenzialmente contaminati	3

L'indice di rischio potenziale relativo alla variabile "Aree di particolare interesse" è stato valutato attraverso la seguente relazione, dove n rappresenta il numero delle suddette aree di interesse presenti su base comunale:

$$I_{Rc,(aree\ di\ int.)} = \sum_{i=1}^{n} pi' \cdot ki$$



Rappresentazione variabile Aree di particolare interesse su territorio di competenza della Procura di S.M.C.V.

3. Stato corpi idrici

Tale variabile contempla al suo interno i corpi idrici sotterranei presenti sul territorio regionale. Per definire compiutamente l'indice di Rischio relativo a questa variabile sono stati introdotti una serie di attributi che indicano lo stato qualitativo (SCAS, ossia Stato Chimico delle Acque Sotterranee) e una serie di indicatori che portano in conto la copertura percentuale comunale dell'acquifero sotterraneo. Lo SCAS, infatti, è un indice che riassume in modo sintetico lo stato qualitativo delle acque sotterranee basato sul confronto delle concentrazioni medie annue dei parametri chimici analizzati con i relativi standard di qualità e valori soglia definiti a livello nazionale dal D.Lgs 30/09 (Tabelle 2 e 3 dell'Allegato 3), tenendo conto anche dei valori di fondo naturale. Lo stato chimico viene descritto in 5 classi, da "buono" a "scarso", secondo il giudizio di qualità definito dal D.Lgs 30/09. Sulla base di ciò, viene assegnato un punteggio p_i' allo stato qualitativo del corpo idrico sotterraneo. Il punteggio maggiore è stato assegnato all'attributo "scarso", in quanto tale condizione presuppone il superamento dei valori di riferimento (standard e soglia), anche per un solo parametro. Nella tabella che segue sono riportati i punteggi assegnati:

Stato Qualitativo corpi idrici sotterranei*	Punteggio
Buono	0
Buono particolare	1
Non monitorato	3
Scarso	9

In seguito, per ciascun comune, viene introdotto il seguente indicatore, per portare in conto l'estensione, relativa alla superficie comunale, del corpo idrico sotterraneo:

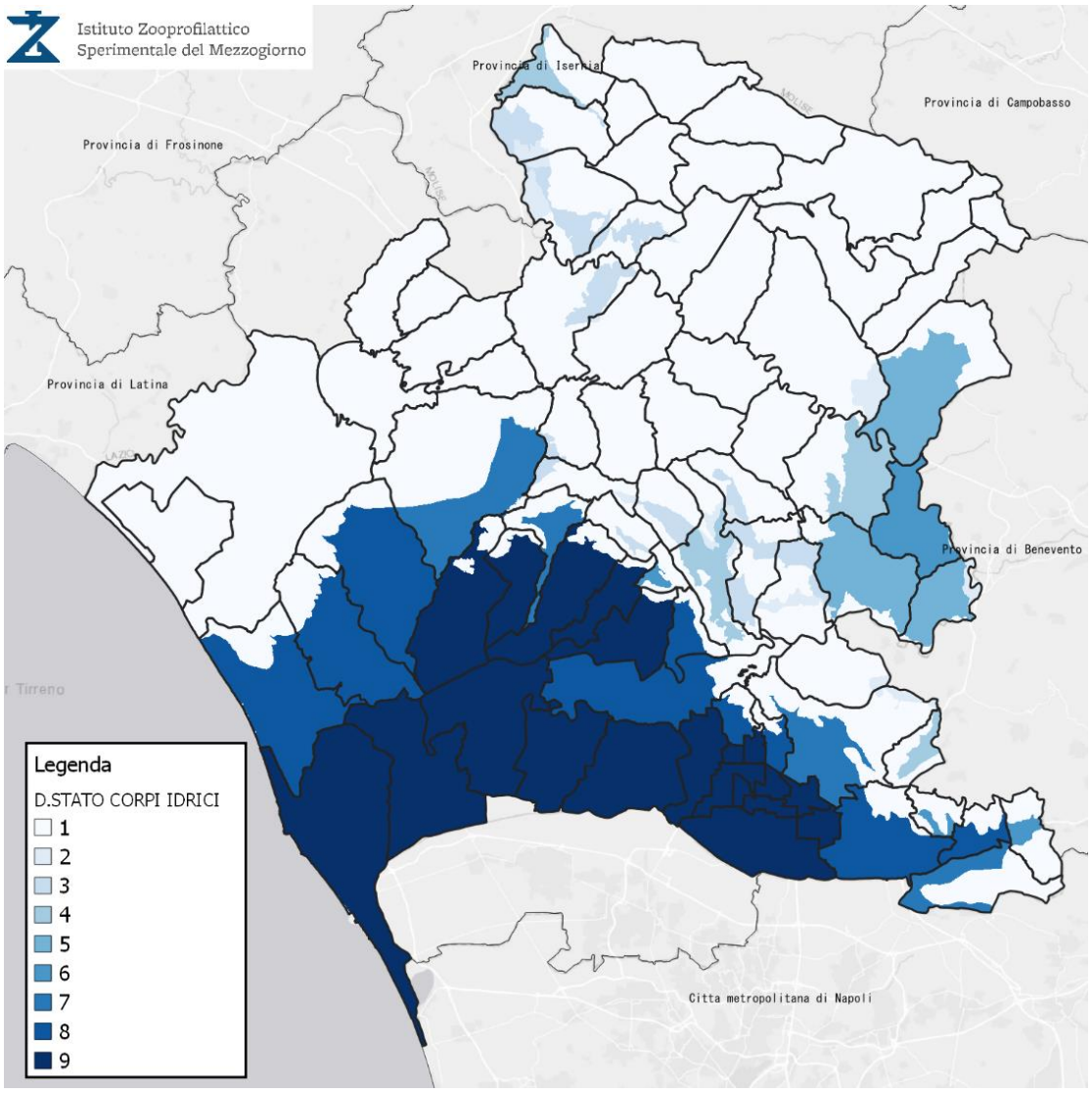
- Superficie corpo idrico sotterraneo / Superficie comunale

I valori di tali indicatori sono stati suddivisi in una serie di intervalli (fasce), stabiliti secondo una classificazione di tipo "natural break". Viene quindi assegnato un secondo punteggio pi" a ciascun intervallo così definito. Nella tabella proposta di seguito, sono riportate le fasce considerate e i relativi punteggi assegnati.

Sup. corpi idrici sotterranei / Sup. comunale	Punteggio
0 - 15 %	1
15 - 37 %	3
37 - 60 %	5
60 - 85 %	7
85 - 100 %	9

L'indice relativo alla variabile è stato valutato attraverso la seguente relazione, dove n rappresenta il numero di corpi idrici sotterranei in riferimento al territorio comunale.

$$I_{R,(corpo\ idrico)} = \sum_{i=1\ to\ n} pi'.pi''$$



Rappresentazione variabile Stato Corpi Idrici su territorio di competenza della Procura di S.M.C.V.

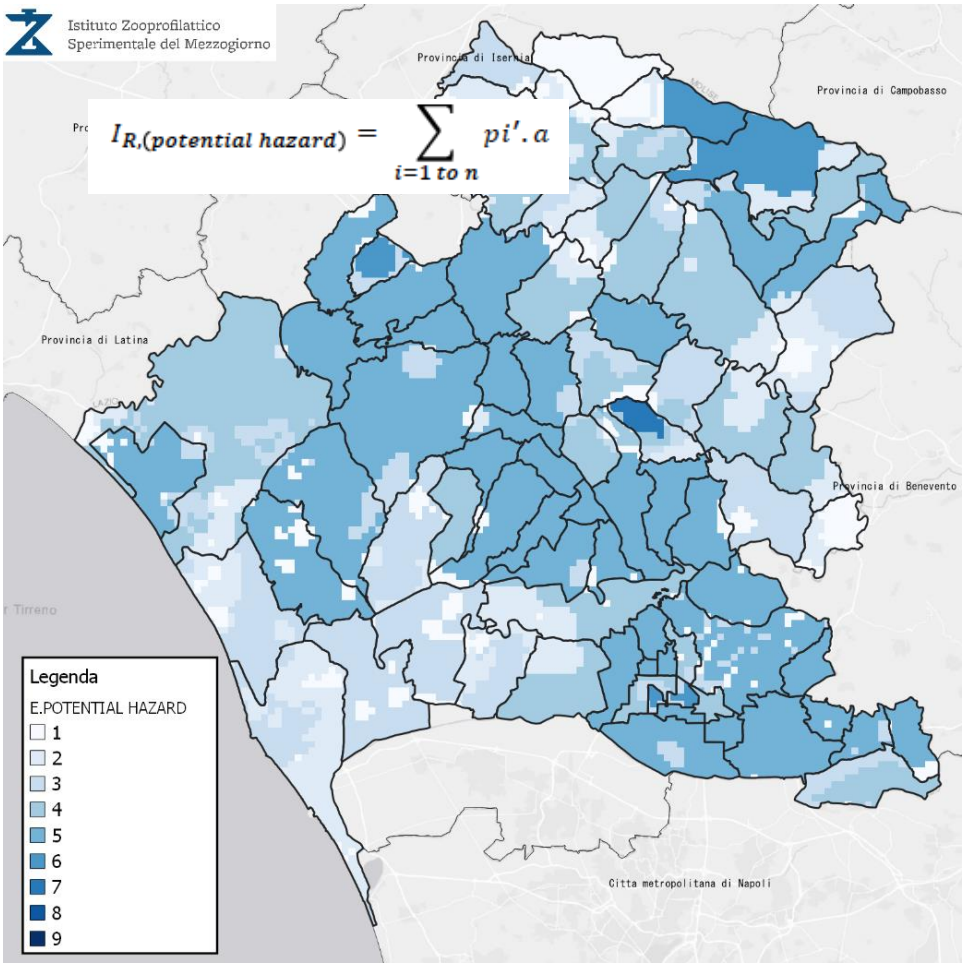
4. Analisi dei suoli

La mappa del Potential Hazard risulta di grande utilità in quanto oltre a consentire l'individuazione delle aree potenzialmente contaminate, serve a definire i valori background/baseline dei vari elementi geochimici indagati, in funzione delle varie tipologie presenti nel substrato. Sulla base di tale cartografia, per ciascun comune è stato preso in considerazione il seguente indicatore:

Superfice superamenti CSC/ S. Comunale	Punteggio
0 - 9 %	0
9 - 30 %	3

30 - 55 %	5
55- 80 %	7
80 - 100 %	9

l valori di tale rapporto sono stati ripartiti in cinque classi definite sulla scorta di una classificazione di tipo natural break. Viene applicato un punteggio pi' a ciascuno degli intervalli così definiti. L'indice di rischio potenziale relativo a questa variabile viene determinato attraverso la relazione riportata di seguito, dove a rappresenta il numero di analiti le cui concentrazioni hanno superato i limiti normativi ed n il numero di aree potenzialmente a rischio, in riferimento al territorio comunale:



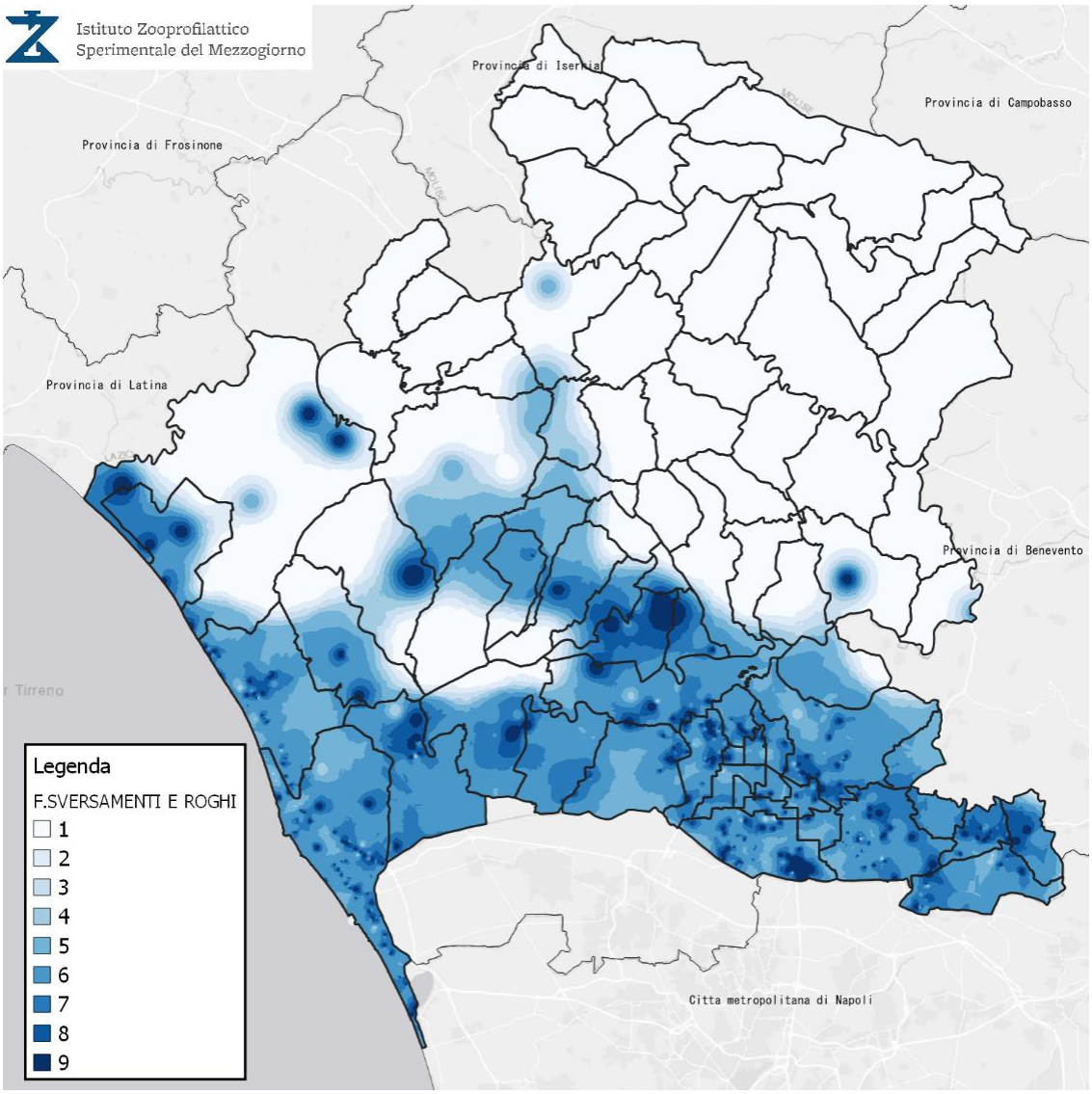
Rappresentazione variabile Analisi sui suoli su territorio di competenza della Procura di S.M.C.V.

5. Sversamenti illeciti di rifiuti e roghi

Per la determinazione dell'indice di rischio relativo a tale variabile, è stato preso in considerazione il numero di sversamenti di rifiuti rilevati nei territori comunali dall'attività di monitoraggio posta in essere da SMA Campania.

L'indice di rischio potenziale relativo alla variabile "sversamenti illeciti di rifiuti e roghi" coincide con il numero n di sversamenti rilevati su base comunale.

$$IRc_{(sversamenti)} = n$$



Rappresentazione variabile Sversamenti illeciti e roghi su territorio di competenza della Procura di S.M.C.V.

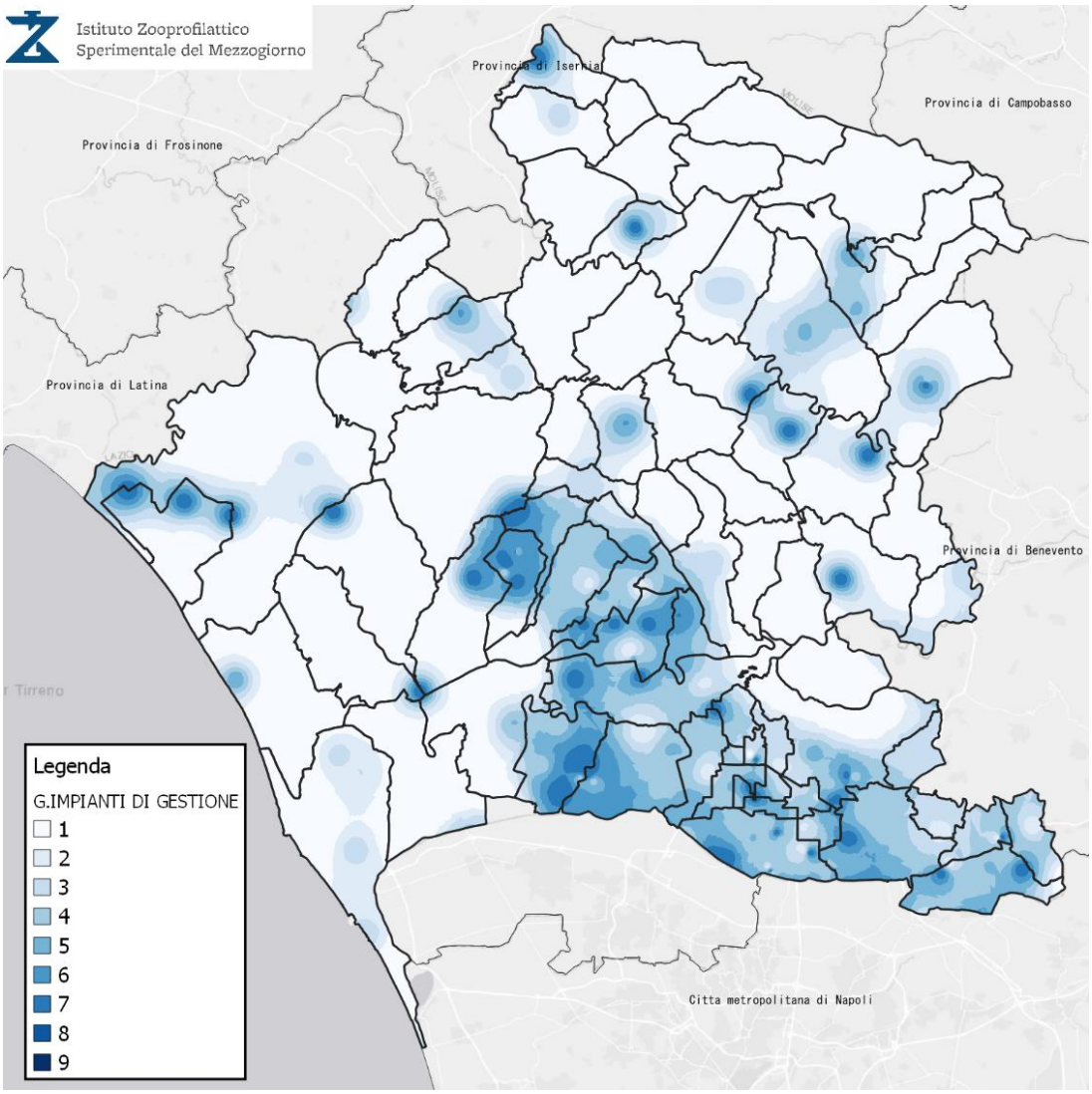
6. Impianti di gestione rifiuti

Viene assegnato un punteggio pi' alla specifica tipologia impiantistica. Nella tabella seguente vengono riportate le tipologie impiantistiche considerate e i relativi punteggi assegnati.

Impianti di trattamento	Punteggio
Discariche controllate	3
Impianti di autodemolizione	3
Altri	3
Recupero	3
Selezione/Cernita	6
Compostaggio	6
Stoccaggio	7
Incenerimento	9

Nell'assegnazione dei pesi si è scelto di attribuire la medesima importanza alle tipologie impiantistiche che, sulla base dei rifiuti trattati, presentano lo stesso livello di pericolosità ambientale. In particolare, nel caso di impianti di incenerimento si possono generare sostanze inquinanti, differenti a seconda della tipologia di rifiuto trattato, emesse prevalentemente nel comparto aria. In tale caso, si potrebbe considerare, in via cautelativa, un'area di impatto ambientale più estesa rispetto alle altre tipologie di gestione di rifiuti; per tali ragioni viene assegnato il punteggio massimo a tale tipologia impiantistica. Gli impianti di stoccaggio, compostaggio, selezione/cernita e di depurazione delle acque possono essere sostanzialmente paragonati in termini di pericolosità ambientale, in quanto tali tipologie impiantistiche sono costituite prevalentemente da rifiuti con matrice organica, e quindi con forte impatto di tipo olfattivo (emettono sostanze fortemente odorigene nella fase degradativa), ma le sostanze emesse, in genere, non possiedono particolare tossicità, o meglio la soglia olfattiva è quasi sempre molto più bassa della soglia di tossicità. Nel caso degli impianti di stoccaggio viene assegnato un punteggio maggiore rispetto alle altre tipologie, per sottolineare il maggior livello di pressione esercitato sui vari comparti ambientali. Gli impianti di autodemolizione, di recupero, le discariche controllate risultano costituiti, in maniera prevalente, da rifiuti a matrice inorganica, e quindi, l'impatto ambientale è dovuto fondamentalmente a potenziali percolazioni nel suolo e sottosuolo e perdite in atmosfera di sostanze presenti nei rifiuti trattati (ad esempio: sostanze lesive dello strato di ozono; metalli pesanti ecc.). Per tale ragione, alle tipologie menzionate viene assegnato uno stesso punteggio di importanza. L'indice di rischio potenziale associato alla variabile "impianti di gestione dei rifiuti" viene determinato attraverso la seguente relazione, dove ki rappresenta il numero di ciascuna tipologia di impianto presente sul territorio comunale:

$$I_{Rc,\,(imp.\,gestione\,rif.)} = \sum_{i=1}^{n} pi' \cdot ki$$



Rappresentazione variabile Gestione Rifiuti su territorio di competenza della Procura di S.M.C.V.

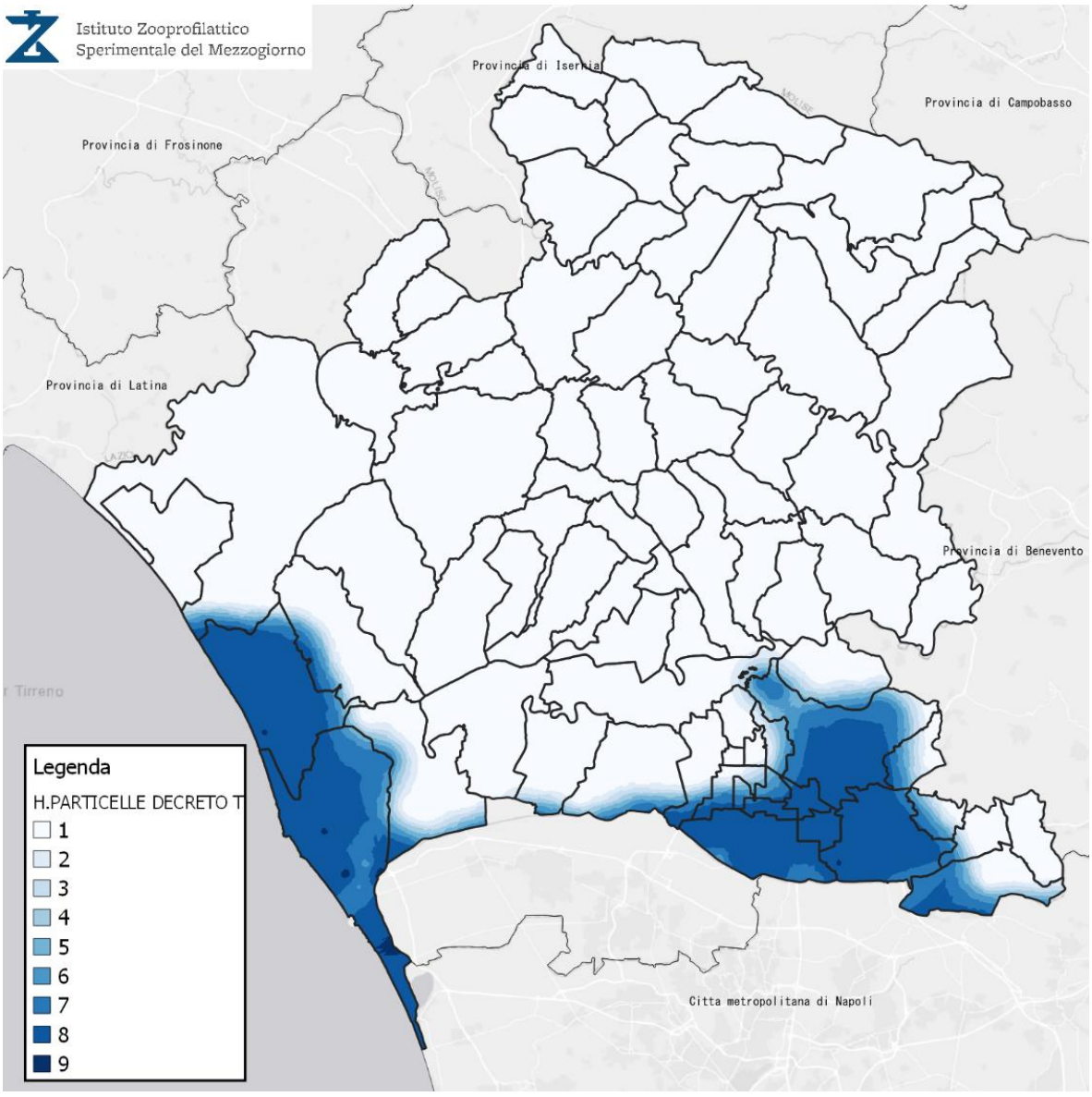
7. Particelle decreto "Terra dei Fuochi" classe 2a e 2b

Per quanto concerne le particelle di Classe 2a e 2b, è stato assegnato un punteggio p_i' a ciascuna di esse, come descritto in tabella. In particolare tale variabile annovera i siti agricoli per i quali non si è ritienuto necessario proporre misure di salvaguardia atte a garantire la sicurezza della produzione agroalimentare sul sito, ma l'effettuazione prioritaria di ulteriori indagini indirette e/o dirette

Particelle decreto	Punteggio
Classe 2A	9
Classe 2B	7

L'indice di rischio relativo alla variabile "particelle decreto Terra dei Fuochi" è stato valutato attraverso la seguente relazione, dove l'indice ki si riferisce al numero delle suddette particelle presenti su base comunale**:**

$$I_{R,(part.\,TdF)} = \sum_{i=1}^{n} pi' \cdot k$$



Rappresentazione delle variabili Particelle Decreto TdF di classe 2a, 2b e 3, 4, 5 classe a - su territorio di competenza della Procura di S.M.C.V