Comune di Rio

Comune di
Porto Azzurro

CENTRO INTERCOMUNALE DEI COMUNI DI PORTO AZZURRO e RIO

PROTEZIONE CIVILE TOSCANA

Porto Azzurro - Rio

PIANO INTERCOMUNALE DI PROTEZIONE CIVILE

Luglio 2019

ALL
A6

Analisi rischio Sinkhole

SOMMARIO

1 Introduzione 2

2 Rischio sinkhole 3

2.1 Area de Il Piano (livelli 1-4) 5

2.2 Area di attenzione (livello 0) 10

2.3 Scenario di evento 11

1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto contiene lo studio del fenomeno *sinkhole* all'interno dei Comuni di Rio e Porto Azzurro eseguito al meglio dell'attuale stato delle conoscenze, che si avvale, oltre che delle principali ricerche scientifiche a livello internazionale, anche di alcuni studi specifici effettuati nell'area de Il Piano, ed in particolare dello «Studio, caratterizzazione e mappatura di voragini di sprofondamento (*sinkhole*) nell'area de "Il Piano" nei comuni di Rio nell'Elba e Rio Marina - Rep. 42/2015» e dell'«Accordo integrativo di collaborazione ai sensi dell'art. 15 l. 241/1990 per lo studio, la caratterizzazione e la mappatura di voragini di sprofondamento (*sinkhole*) nell'area de "Il Piano" nei Comuni di Rio nell'Elba e Rio Marina – Rep. 42/2015», stipulati tra il Comune di Rio Marina e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze (DST-UNIFI) e successivamente confluiti nel re*port* «Studio, caratterizzazione e mappatura di voragini di sprofondamento (*sinkhole*) nell'area de "Il Piano" nei comuni di Rio nell'Elba e Rio Marina», risalente a settembre 2016.

Ulteriori precedenti studi, sempre condotti dal DST-UNIFI e riportati nel rapporto «Monitoraggio ed allertamento rapido per fenomeni di sprofondamento nei pressi della SP 26 "Rio nell'Elba – Rio Marina" (Isola d'Elba, LI) mediante interferometria radar da terra» sono stati esaminati per l'elaborazione del seguente documento. Laddove siano assenti studi e informazioni territoriali specifici o sufficientemente dettagliati, è stato adottato il principio di precauzione. La validità di questo documento è quindi da considerarsi limitata all'attuale stato delle conoscenze e sarà quindi necessario un aggiornamento in caso vengano effettuati nuovi studi, installati strumenti di monitoraggio, siano rese disponibili nuove informazioni e dati o si verifichino nuovi *sinkhole* che possano completare il quadro qui descritto.

2 RISCHIO SINKHOLE

Il termine *sinkhole* designa una voragine di sprofondamento in genere caratterizzata da pareti verticali e da una forma circolare, di dimensioni variabili da alcuni decimetri a qualche decina di metri che può formarsi a causa di fenomeni naturali o antropici.

Il rischio connesso a questi fenomeni è principalmente legato al loro collasso improvviso e difficilmente prevedibile e al pericolo che rappresentano per la salute umana e per la stabilità di edifici e infrastrutture.

Visto l'effetto relativamente localizzato di questi fenomeni e il loro rapido mascheramento ad opera di processi antropici e geomorfologici, questo problema è stato a lungo ignorato in tutto il territorio italiano e solo in anni più recenti, soprattutto a causa della crescente urbanizzazione, è stato studiato. In ogni caso, sebbene noto dal punto di vista scientifico, restano ancora limitati i casi di una trattazione del problema in con finalità di protezione civile.

I *sinkhole* generalmente si generano da cavità sotterranee, anche di piccole dimensioni, che si espandono progredendo verso l'alto fino alla superficie. È però anche possibile che la cavità, pur non ampliandosi, attiri al suo interno il materiale soprastante; in quest'ultimo caso il richiamo dei sedimenti viene facilitato dalla filtrazione dell'acqua nel terreno mentre la cavità svolge solamente un ruolo passivo.

In tutti i casi, l'intero processo può richiedere tempi molto lunghi e, fino al momento del collasso della parte più superficiale, è difficilmente osservabile dall'esterno. I casi in cui è possibile individuare alcuni segnali premonitori sono quelli in cui il terreno sovrastante la cavità subisce una subsidenza che può essere visibile tramite la formazione di piccole cavità o di avvallamenti e crepe nelle strade e nelle strutture, soqquadri di porte e finestre, o la rottura di tubi interrati. È anche possibile che si verifichino variazioni anomale delle pressioni idrauliche, osservabili come brusche variazioni dei livelli piezometrici. Dal momento che questi possono essere gli unici eventuali segnali in grado di rivelare la presenza di un fenomeno in atto, è importante educare al loro riconoscimento i residenti delle zone a rischio *sinkhole* ed il personale delle strutture operative (in particolare della polizia municipale, dal momento che tra i principali elementi a rischio nell'area dell'Intercomunale vi sono appunto le strade).

In linea generale, perché si formi un *sinkhole* è necessaria la presenza di uno o più dei seguenti elementi predisponenti:

- Substrato roccioso solubile: la presenza di rocce carsificabili (come calcari e dolomie) può dar luogo alla formazione di cavità naturali che possono spaziare da fratture persistenti larghe qualche centimetro a vere e proprie grotte (come la grotta di San Giuseppe presso Il Piano). Se al di sopra del substrato roccioso vi è una copertura sedimentaria è possibile che, anche dopo il collasso della roccia, il terreno copra la cavità sostenendo il proprio peso grazie ad un effetto arco che, tuttavia, risulta instabile a lungo termine.
- Cavità antropiche: la presenza di serbatoi sotterranei, cunicoli, cantine, gallerie può produrre effetti equivalenti a quelli dovuti alla presenza di grotte, faglie, fratture o vacuolarità naturali.
- Copertura sedimentaria dalle scadenti caratteristiche geomeccaniche: all'interno di un deposito sedimentario non cementato, poco addensato ed in generale poco resistente possono formarsi delle cavità, solitamente dovute al passaggio di acqua subsuperficiale. Questo processo è favorito se il materiale è permeabile, così da facilitare il movimento dell'acqua.

Perché si inneschi un *sinkhole* è anche necessario che sui succitati elementi predisponenti agisca un elemento innescante, come ad esempio:

- Filtrazione di acqua nel terreno: il moto dell'acqua nel terreno a velocità relativamente elevata può favorire fenomeni di sifonamento, suffosione ed erosione, mobilitando i sedimenti verso cavità preesistenti nel substrato o andando a crearne delle nuove all'interno della copertura sedimentaria stessa. Tali moti possono essere causati da pompaggi elevati, forti piogge, falde in pressione, che, variando il livello freatico, possono generare un elevato gradiente idraulico. Più il moto dell'acqua è rapido maggiore sarà la possibilità che si formino cavità. Questo processo si autoalimenta, in quanto a cavità via via maggiori corrisponde una velocità e portata di filtrazione crescente.
- Presenza di acque dal chimismo acido: specialmente se combinate con un substrato roccioso carbonatico (che nell'Intercomunale è ad esempio rappresentato dalla Formazione delle Brecce di Rialbano, talora classificata come Formazione del Calcare Cavernoso), acque acide possono causare la dissoluzione della roccia e la conseguente formazione o allargamento di cavità. L'acidità può derivare dalla presenza di minerali caratteristici delle aree minerarie, può essere legata a fluidi profondi risalenti lungo discontinuità tettoniche oppure derivare da inquinamento antropico.
- Sovraccarichi del terreno: nuove costruzioni, depositi temporanei o anche il passaggio di un mezzo pesante possono causare la rottura della parte superficiale del terreno. Questo meccanismo, specialmente con carichi relativamente bassi, ha influenza quando ormai la cavità è vicina alla superficie e quindi lo spessore di terreno è ridotto. La fase terminale di uno dei sinkhole più recentemente verificatisi lungo la SP26 è stata verosimilmente accelerata proprio dal passaggio di un mezzo pesante.
- Sismicità dell'area: sebbene l'innesco più comune di un sinkhole sia, come detto sopra, legato all'acqua nel sottosuolo, è possibile che un terremoto causi il crollo di una volta di roccia di una cavità con conseguente manifestazione del fenomeno in superficie.

Si segnala infine che spesso il maggior rischio sinkhole è presente in aree sub-pianeggianti, dove possono svilupparsi maggiormente fenomeni carsici favoriti dalla permanenza di acqua nel sottosuolo e dove le coperture sedimentarie più facilmente possono coprire cavità preesistenti, tanto che gli ambienti tipici dove si verificano le condizioni sopra descritte sono le pianure alluvionali, le pianure costiere, le conche intermontane e le valli fluviali generalmente di origine tettonica.
La mappatura delle aree a rischio è dunque estremamente complessa in quanto dipende dalle caratteristiche idrogeologiche e geologiche del sottosuolo, che richiedono studi molto approfonditi e di dettaglio, nonché da complesse interazioni tra i materiali ed i processi in gioco.
Nel territorio dell'Intercomunale sono state valutate le aree per le quali la suscettibilità a sinkhole è da considerarsi più elevata sulla base dei fattori predisponenti ed innescanti sopra descritti, pur non potendo escludere la possibilità che si verifichino sinkhole anche in zone differenti. Le aree così individuate corrispondono alle seguenti:

- Il Piano, già oggetto di studi a causa del verificarsi di recenti fenomeni di sprofondamento;
- Area definita "di attenzione" che corrisponde alle:
  - aree dove affiora o si può ipotizzare il subaffioramento di rocce carsificabili (in particolare le Brecce di Rialbano/Calcare Cavernoso);
  - aree minerarie dove sono stati scavati cunicoli sotterranei;
  - aree dove è testimoniata la presenza di grotte o inghiottitoi.

Tra queste, l'area de Il Piano (ed in particolare una sua porzione, delimitata in seguito) è quella esposta alla maggiore suscettibilità sinkhole ed è a sua volta suddivisa in quattro sotto-categorie con suscettibilità crescente (dal livello 1 al livello 4). Sulle rimanenti aree (carsificabili, minerarie e con evidenza di cavità)

esiste una suscettibilità minore (indicata come livello 0) ma comunque non trascurabile; queste aree sono descritte successivamente (paragrafo 2.2).
In generale, qualsiasi sia il livello di sucettibilità, la contromisura più utile ed efficace consiste nell'attuazione di un piano di comunicazione annuale che comprenda variegate attività di informazione e educazione al rischio e al riconoscimento di possibili segnali precursori. Destinatari di tali attività dovranno essere non solo la popolazione (in linea con quanto previsto dal Capo V del DLgs 1/2018 in relazione al coinvolgimento attivo della cittadinanza) ma anche le strutture operative e i tecnici comunali che operano sul territorio.

2.1 Area de Il Piano (livelli 1-4)

L'area de Il Piano si estende tra gli abitati di Rio Marina e Rio nell'Elba ed è attraversata dalla SP26 "Rio nell'Elba – Rio Marina". In data 13 gennaio 2013 la carreggiata della SP26 è stata interessata, per tutta la sua larghezza, da un sinkhole verificatosi in corrispondenza del tratto in rilevato che costeggia il Torrente Riale, nei pressi del Villaggio Togliatti. La voragine presentava una forma circolare, con un diametro di circa 8 m ed una profondità di circa 3 m.
Fenomeni dello stesso tipo si sono verificati in tutto almeno nove volte nella stessa zona dal 2008, anno in cui si aprì una voragine analoga che interessò la stessa sede stradale poco a monte.
Per alcuni anni il territorio de Il Piano è stato monitorato tramite un radar interferometrico ad apertura sintetica basato a terra, gestito dal DST-UNIFI. In due occasioni tale strumento ha consentito di individuare cedimenti della sede stradale che sono successivamente stati riscontrati da appositi sopralluoghi. La seconda di queste segnalazioni ha consentito di individuare in anticipo la cavità che è la causa dell'attuale chiusura di una porzione della SP26. In questo momento non è presente alcun monitoraggio strumentale in grado di preallertare su eventuali condizioni di rischio sinkhole. Qualora tale monitoraggio dovesse essere attivato (sia in forma analoga al passato che con modalità del tutto nuove) sarà necessario inserire le relative procedure all'interno del Piano di Protezione Civile.
Per fronteggiare questo rischio, oltre alla chiusura di un tratto di strada, sono stati commissionati al DST-UNIFI degli studi approfonditi che rappresentano il maggiore approfondimento disponibile relativamente ai fenomeni di sinkhole che interessano l'area de "Il Piano" e su cui necessariamente si basano alcune delle seguenti valutazioni. La porzione di territorio analizzata però non riguarda tutto Il Piano ma solamente l'area interessata dai fenomeni recenti e comprende il Villaggio Togliatti ed alcune abitazioni sparse, il campo pozzi ASA e la strada provinciale SP26, fino a lambire il centro commerciale, la lavanderia industriale Ilva ed il campo sportivo (Figura 1). Infatti, i nove sinkhole documentati dal 2008 ad oggi (indicati come punti rossi in Figura 1) si sono verificati in un areale relativamente ristretto, nei dintorni del tratto stradale che, per tale ragione, è stato chiuso. Altri cinque sinkhole sono stati mappati come presunti sulla base di testimonianze non verificate (indicati come punti blu in Figura 1); è comunque possibile che ulteriori fenomeni si siano verificati e siano stati rapidamente coperti da assestamenti successivi o dall'attività umana.

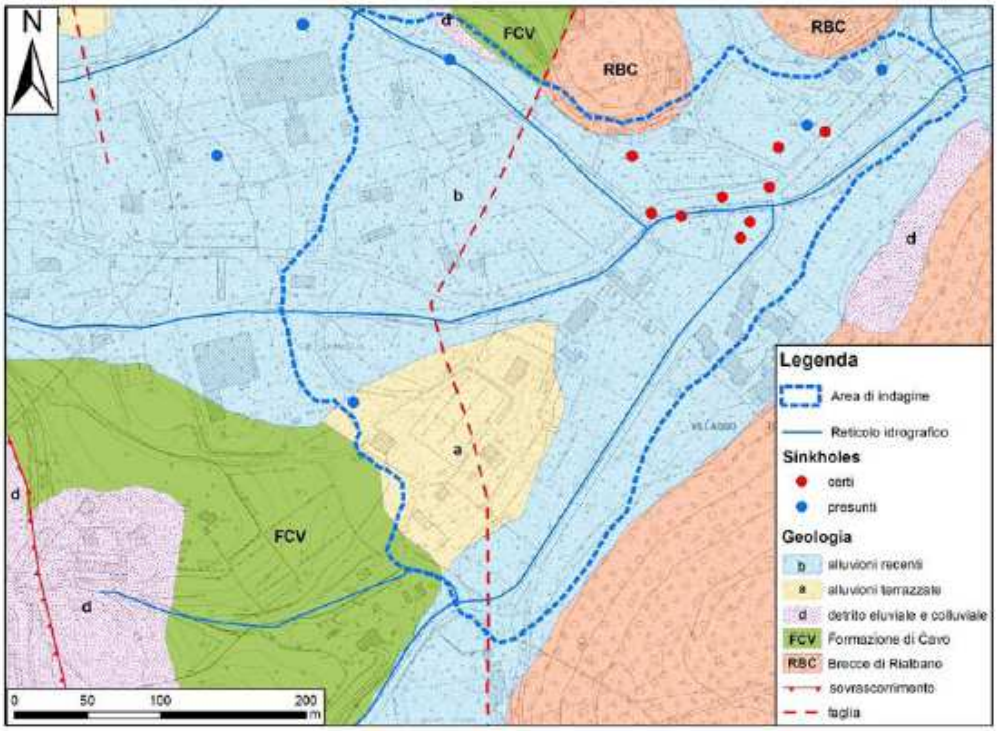


Figura 1. Localizzazione dei *sinkhole* (verificati e presunti) elaborata dal DST-UNIFI.

In estrema sintesi, il più recente studio svolto dal DST-UNIFI ha individuato come meccanismo principalmente responsabile degli eventi osservati l'infiltrazione naturale e antropicamente indotta di acque superficiali e subsuperficiali in corpi a permeabilità differenziata (paleoalvei o altri corpi detritici relitti, strutture antropiche sepolte e interrate come resti di canalizzazioni, gore, piccole vasche o cisterne), con creazione di sovrappressioni ed erosioni sotterranee, occorrenti nei corpi stessi. Secondariamente, individua come possibili cause, meno probabili, anche l'innesco causato da condizioni di criticità locali date le caratteristiche dei due acquiferi (profondo e superficiale) che, se entrassero in comunicazione tra loro ed in particolari condizioni di sovra-emungimento, potrebbero determinare la formazione di *sinkhole*. Infine, non viene escluso l'innesco favorito da eventi sismici che causano crolli sotterranei e che tuttavia risulta il meno probabile.

Nell'area de Il Piano, quindi, i fenomeni sono da ricondurre alle seguenti:

a) cause predisponenti:
   -condizioni geologiche subsuperficiali (presenza di eterogeneità nei livelli detritici);
   -condizioni geologiche profonde;
   -presenza di manufatti relitti e sepolti (in particolare vecchi canalizzazioni usate per l'attività molitoria);

b) cause innescanti:
   -a. infiltrazione dalla superficie di apporti meteorici o di altre acque derivanti da drenaggio, con conseguente creazione di sovrappressioni;

c) concause:
   -disarticolazione della rete di drenaggio a causa delle interferenze con il sistema infrastrutturale e con il costruito;
   -carenze nel dimensionamento e nella manutenzione del sistema di drenaggio superficiale;
   -prelievi e reimmissioni non controllate ad opera di privati.

L'area esaminata è stata quindi suddivisa in quattro categorie di propensione al dissesto (*Figura 2*). La porzione settentrionale (livelli 1 e 2) è quella su cui insiste il bacino idrografico più ampio e su cui è pertanto più probabile che si verifichino le condizioni di sovrapressione ipotizzate come principale causa innescante. Questa porzione è poi suddivisa a seconda che le indagini abbiano individuato nel sottosuolo la presenza di corpi più permeabili (livello 4, massima propensione) o meno permeabili (livello 3). La stessa suddivisione è stata eseguita per la porzione meridionale, su cui insiste un bacino idrografico meno esteso, e sono così state mappate le aree di livello 2 e di livello 1. In questa zonazione, il criterio idrogeomorfologico (cioè la pertinenza dei bacini settentrionali) è stato considerato criterio più rilevante rispetto a quello geologico (presenza di corpi permeabili sotterranei), anche per la maggiore incertezza dei dati relativi a quest'ultimo. È comunque bene sottolineare che tutta l'area (compreso il Livello 1) è da considerarsi sensibile.
Lo studio del DST-UNIFI si limita alla suddetta area e ad assegnare un livello di attenzione alla sola zona del centro commerciale. Tuttavia, in virtù di un principio di precauzione, si ritiene opportuno estendere tale livello di attenzione all'intera area de "Il Piano", conformemente a quanto spiegato di seguito. Pertanto, in Figura 2 è anche rappresentata l'area di attenzione (Livello 0), descritta nel dettaglio al paragrafo 2.2. In Figura 3 (così come in Figura 5) è illustrato anche il tracciato della rete idrica di ASA, seppur riportato a scopo indicativo e con un certo grado di semplificazione che è funzione della precisione del dato disponibile e della scala cartografica.

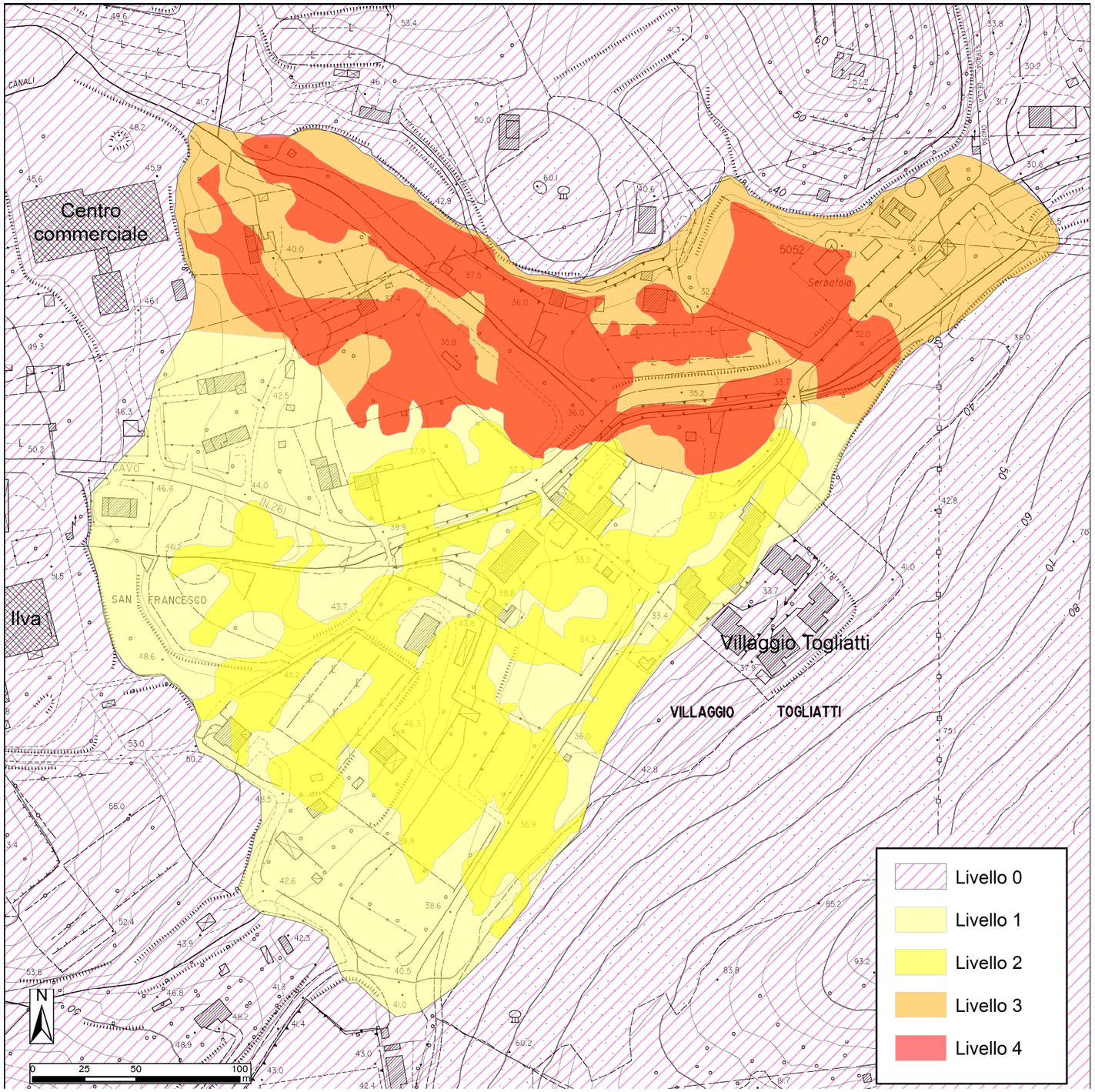


Figura 1. Carta della propensione al dissesto per meccanismi idrogeologici superficiali elaborata dal DST-UNIFI (con l'aggiunta del Livello 0) che individua le aree a maggior suscettibilità da *sinkhole* nell'area de Il Piano.

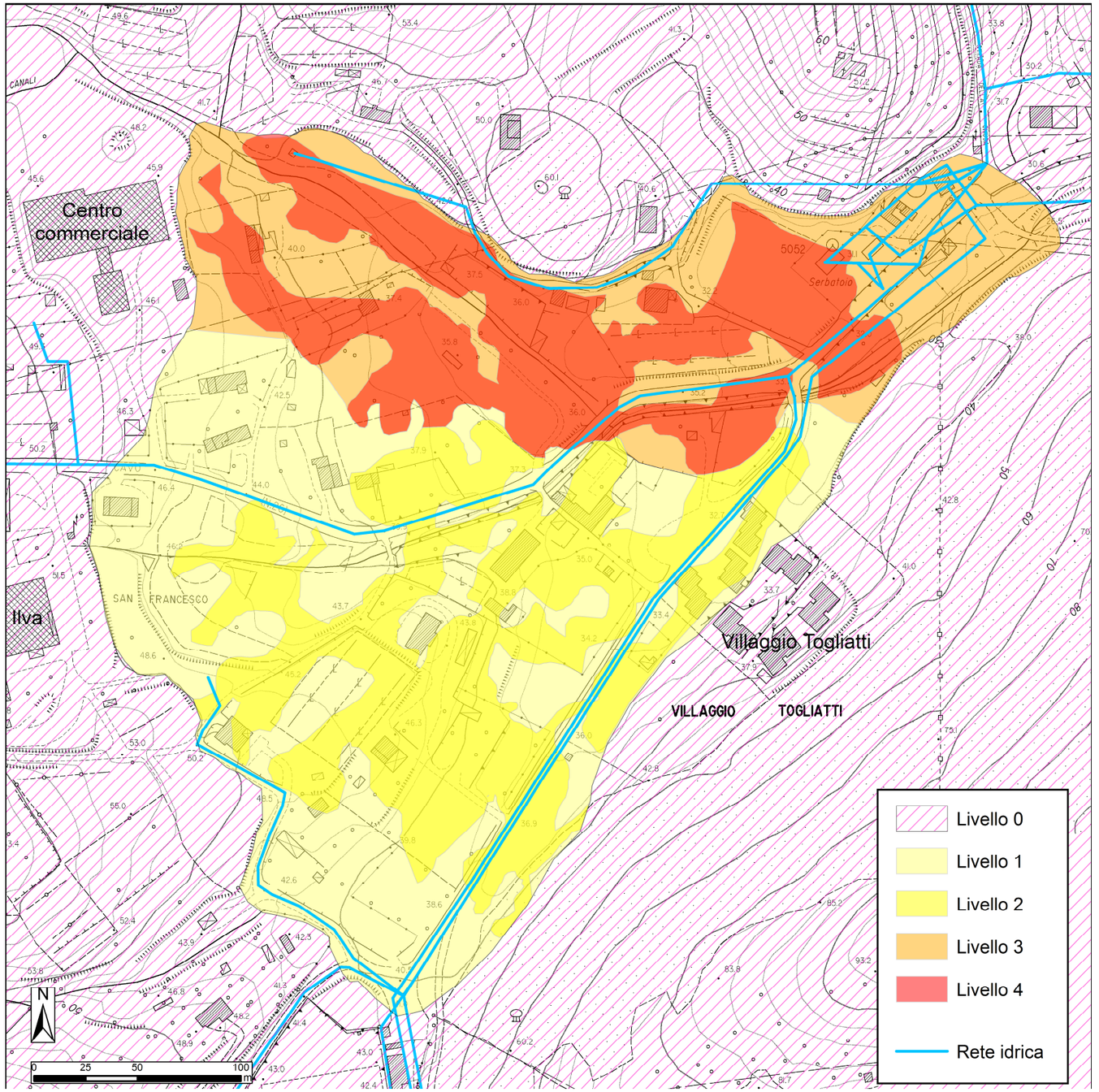


Figura 2. Carta della propensione al dissesto per meccanismi idrogeologici superficiali elaborata dal DST-UNIFI (con l'aggiunta del Livello 0 e della rete idrica) che individua le aree a maggior suscettibilità da *sinkhole* nell'area de Il Piano

2.2 Area di attenzione (livello 0)

All'interno del territorio dell'Intercomunale sono presenti anche altre aree che, possedendo alcuni fattori predisponenti, sono da considerarsi suscettibili a *sinkhole*. Tali zone sono mappate sulla base dei seguenti criteri:

1. ricadono nelle aree carsificabili (cartografate come tali dalla Regione Toscana) o laddove la Formazione delle Brecce di Rialbano (o il Calcare Cavernoso) è subaffiorante, tenendo in considerazione la profondità ipotizzata della Formazione e il tipo di rocce che la sormontano. Tali valutazioni sono state eseguite sulla base di quanto rappresentato dalla carta geologica del *database* Geologico Regionale in scala 1:10.000 della Regione Toscana (del novembre 2018), dal *dataset* relativo al carsismo del *database* cartografico della Regione Toscana e dalla Carta Geologica dell'Elba (in scala 1:25.000; Principi et al., 2015), con conseguente grado di incertezza dato dal fatto che rapporti tettonici e geometrici tra le formazioni sono quasi sempre ipotetici e che la delimitazione dell'area di attenzione ha un conseguente grado di incertezza.
2. Comprendono grotte o inghiottitoi naturali, con riferimento a quando riportato dal catasto *online* della Federazione Speleologica Toscana (www.speleotoscana.it), dal *database* della Regione Toscana relativo all'ingresso delle grotte (le cui informazioni sostanzialmente coincidono con le precedenti) e dal *database* nazionale *sinkhole* dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Sicurezza Ambientale (http://sgi1.isprambiente.it/sinkholeweb/viewer/index.html), che però non riporta alcun fenomeno sull'intera isola. La posizione della grotta di San Giuseppe è stata verificata nella parte settentrionale de Il Piano (Figura 4) tramite un sopralluogo. Tuttavia, la Federazione Speleologica Toscana la colloca a sud del Villaggio Togliatti; è comunque possibile che in questa posizione si trovi effettivamente una grotta che sia stata erroneamente identificata con quella di San Giuseppe, pertanto entrambe le localizzazioni sono state rappresentate nella Tav. 7. Nel complesso le cavità sono per lo più allineate lungo un asse nord-sud, cioè parallelamente agli affioramenti delle formazioni geologiche in questo settore dell'isola, perciò questo criterio si verifica spesso in corrispondenza con il precedente.
3. Comprendono aree cartografate come minerarie, in relazione al rischio connesso alla presenza di gallerie sotterranee e di acque acide e quindi particolarmente aggressive per le rocce carbonatiche.

La maggior parte dell'area di attenzione mappata corrisponde al criterio 1. Qualora vi siano zone rispondenti solo ai criteri 2 o 3, l'area di attenzione rappresenta l'ambito spaziale in cui la cavità potrebbe propagarsi verso la superficie, tenendo in considerazione l'errore di misura della georeferenziazione, l'incertezza della localizzazione (che, nel caso delle grotte naturali, è talvolta dichiarata nel catasto stesso della Federazione Speleologica Toscana), la possibilità che la cavità si espanda e che abbia altre cavità limitrofe non mappate.

L'area di attenzione *(Figura 4 e Figura 5)* si estende lungo una fascia orientata nord-sud, larga da circa 0.6 km a circa 2.4 km che parte dalla punta nord-est dell'isola comprendendo Cavo e parte della SP33, ingloba la zona de Il Piano ed il percorso della SP26 dal km 17.3 fino al km 13.3 circa, giungendo a circa 1 km dal centro abitato di Porto Azzurro. Alcune delle grotte riportate dalla Federazione Speleologica Toscana rientrano in questa fascia; tuttavia, la presenza di grotte anche al di fuori della stessa mostra che esiste la possibilità che si verifichi un fenomeno di sprofondamento anche laddove le Brecce di Rialbano (talora classificato come Calcare Cavernoso) e le rocce classificate come carsificabili (mappate dalla Regione Toscana) non risultano affioranti né subaffioranti. In questi casi, la perimetrazione dell'area di attenzione non può che basarsi sulla

posizione delle cavità finora mappate. Infatti, non potendo estendere l'area alle zone in cui non vi sono indizi oggettivi che potrebbero far supporre una pericolosità maggiore della norma, non è possibile fornire perimetrazioni più precise. L'area di attenzione si estende anche all'interno del parco minerario a Rio, dove esistono gallerie sotterranee. A tal proposito, si raccomanda che l'ente gestore del Parco Minerario dell'Isola d'Elba fornisca ai visitatori opportune informazioni circa la possibile presenza di cavità che si possono sviluppare anche in superficie e, anche sulla scorta delle informazioni a disposizione del Parco riguardanti la posizione delle gallerie, circa l'importanza di mantenersi sui percorsi consigliati.
Data l'assenza di fenomeni confermati di *sinkhole* recenti, la loro frequenza e quindi probabilità di accadimento all'interno dell'area di attenzione è da considerarsi minore rispetto all'area de "Il Piano". Infatti, pur essendo presenti i fattori predisponenti relativi ai tre criteri sopra esposti e connessi alla possibile presenza di cavità sotterranee naturali o antropiche, mancano alcune delle criticità peculiari de "Il Piano" descritte in precedenza.
Sulla scorta di queste osservazioni si raccomanda comunque che per le aree di attenzione venga svolta una periodica attività di educazione, comunicazione e informazione rivolta alla popolazione e alle strutture operative da parte dei Comuni, per informare riguardo all'estensione delle aree, ai possibili rischi e agli eventuali segnali precursori. Si raccomanda inoltre l'esecuzione di specifici sondaggi e indagini al momento di realizzare opere ingegneristiche, così da scagionare l'esistenza fenomeni legati alla formazione di sinkhole in corso.

2.3 Scenario di evento

Un singolo rischio, come quello di sinkhole, può generare conseguenze anche molto diverse a seconda dell'intensità con cui si manifesta e degli elementi che colpisce, e può indirettamente innescare a sua volta altri tipi di rischio ad esso associati. L'insieme di tutti gli effetti conseguenti un dato evento è comunemente chiamato scenario di evento che viene definito nel DPCM 27/02/2004 proprio come "l'evoluzione nello spazio e nel tempo del solo evento prefigurato, atteso e/o in atto, pur nella sua completezza e complessità".
Di seguito viene descritto lo scenario di evento che contempla le principali e più verosimili conseguenze di un sinkhole che si verifichi nell'area de "Il Piano". Infatti, fatte salve le diversità locali spiegate nel paragrafo 2.1 che consentono di discriminare 4 livelli, quest'area si può considerare sostanzialmente omogenea dal punto di vista della suscettibilità ai sinkhole se paragonata alle altre zone dell'isola, dove la suscettibilità risulta minore. Ne Il Piano gli elementi a rischio individuati sono riconducibili a quattro categorie (persone e animali, strutture e altri beni, falda acquifera, infrastrutture, in linea con quanto stabilito all'art. 1 del D.Lgs 1/2018) che sono diffuse e pervasive all'interno di tutto "Il Piano". Vista la ristrettezza dell'area, si considera quindi un unico scenario di evento con il potenziale di colpire ognuna delle categorie di elementi a rischio sopra esposte; è opportuno sottolineare che gli effetti di seguito analizzati rientrano in un modello concettuale che nella realtà si può manifestare con infinite variabili, e che più effetti possono verificarsi congiuntamente tra loro o in maniera isolata. Per maggiore cautela, l'intensità dell'evento ipotizzato è considerata al pari di quelli più grandi avvenuti negli ultimi anni.
Alla luce di quanto detto, un sinkhole che si verifichi ne Il Piano ha la possibilità di provocare uno o più dei seguenti effetti:

1. Danni a persone e animali: in prima istanza, un sinkhole rappresenta un rischio immediato per la sicurezza delle persone e degli animali che possono transitare o stazionare sopra di esso nel momento in cui si sta formando (sebbene l'evento sia relativamente improvviso, ulteriori allargamenti della cavità iniziale sono frequenti nelle ore immediatamente susseguenti la sua formazione iniziale). Nel caso di sinkhole di piccole dimensioni o coperti da vegetazione o altro materiale, essendo meno visibili, il rischio permane anche dopo che questi si sono completamente

formati. La maggiore probabilità di colpire le persone si ha con sinkhole che si formano lungo la strada, presso il centro commerciale o sotto le abitazioni (la maggiore concentrazione di abitazioni a rischio è in corrispondenza del Villaggio Togliatti). La presenza di animali è anche legata ad attività di allevamento, in particolare di pollame, presente nell'area.

2. Danni a beni (strutture, terreni, automezzi ecc.): un rischio è rappresentato anche per i beni, in particolare le strutture (abitazioni, strutture ricettive, edifici industriali, attività commerciali, edifici pubblici ecc.), i terreni e beni mobili (automezzi e altre proprietà). Le strutture hanno una vulnerabilità che può variare da bassa (nel caso di eventi piccoli o che si verificano ad una certa distanza e che producono solo crepe e lesioni) a molto alta nel caso di voragini di grandi dimensioni collocate sotto un edificio e tali da provocarne la distruzione o comunque l'inagibilità. A seconda dell'orario e della struttura colpita questo evento può essere associato alla presenza di persone (vedi punto 1). Questo rischio è maggiore in corrispondenza dei centri abitati e attività commerciali presenti nell'area. Danneggiamenti a strutture strategiche possono essere associati a danni alle infrastrutture (punto 4), come nel caso della centrale ENEL, o a danni all'ambiente (punto 3), come nel caso dello stabilimento Ilva o del deposito ASA. Relativamente a danni per i terreni il valore degli elementi a rischio è da considerarsi generalmente minore, mentre la probabilità di accadimento (pericolosità) relativamente elevata, visto che una porzione rilevante dell'area a rischio è occupata da campi.
3. Danni all'ambiente: la formazione di una cavità può mettere direttamente in comunicazione la falda acquifera con la superficie, con conseguente rischio per la falda interessata. Ne "Il Piano" esistono due falde, una nei depositi recenti ad una soggiacenza di pochi metri dal piano campagna, poco utilizzata se non da pozzi scavati per uso privato, l'altra nelle Brecce di Rialbano/Calcare Cavernoso, ad una profondità di 20-30 m, caratterizzata da elevata trasmissività (e quindi elevata capacità di diffondere eventuali inquinanti) e di importanza strategica in quanto utilizzata per l'approvvigionamento idropotabile di parte dell'isola. Tale rischio è maggiore se lo sprofondamento coinvolge materiali inquinanti, quali ad esempio i tensioattivi della lavanderia industriale Ilva presente ne "Il Piano", rifiuti, idrocarburi.
4. Danni a infrastrutture: lo sprofondamento può danneggiare infrastrutture quali strade (che, secondo la statistica degli ultimi eventi avvenuti a "Il Piano", sono anche uno degli elementi più frequentemente colpiti), tubature per l'approvvigionamento idrico (in particolare in corrispondenza della dorsale di ASA e dei pozzi de Il Piano) e del gas, la rete elettrica (in particolare nei pressi della centrale ENEL de "Il Piano"). La strada che collega Rio Marina al resto dell'isola risulta di particolare importanza anche per la presenza del porto (ancor più utilizzato nella stagione turistica) ed è frequentemente attraversata (anche da scuolabus). La vulnerabilità della strada è elevata in quanto anche un piccolo danno ne comprometterebbe la percorribilità e ne richiederebbe la chiusura per motivi di sicurezza, vista anche la possibilità che il fenomeno possa allargarsi (come già avvenuto in passato) ed è strettamente connessa al rischio rappresentato per le persone (punto 1).

Relativamente all'area di livello 0, visto il limitato grado di conoscenza dovuto all'assenza sia di studi specifici sia di sinkhole passati su cui poter tarare degli scenari, non è possibile definire realistici scenari di evento. Pur potendo ipotizzare che un eventuale sinkhole nell'area 0 sia comunque riconducibile allo scenario descritto per un sinkhole ne "Il Piano", si ricorda che un'opportuna informazione al cittadino, alla base del concetto di rischio accettabile, favorisce la partecipazione attiva della popolazione prevista nel Capo V del D.Lgs. 1/2018, che rappresenta una delle più efficaci contromisure per il rischio in questione.

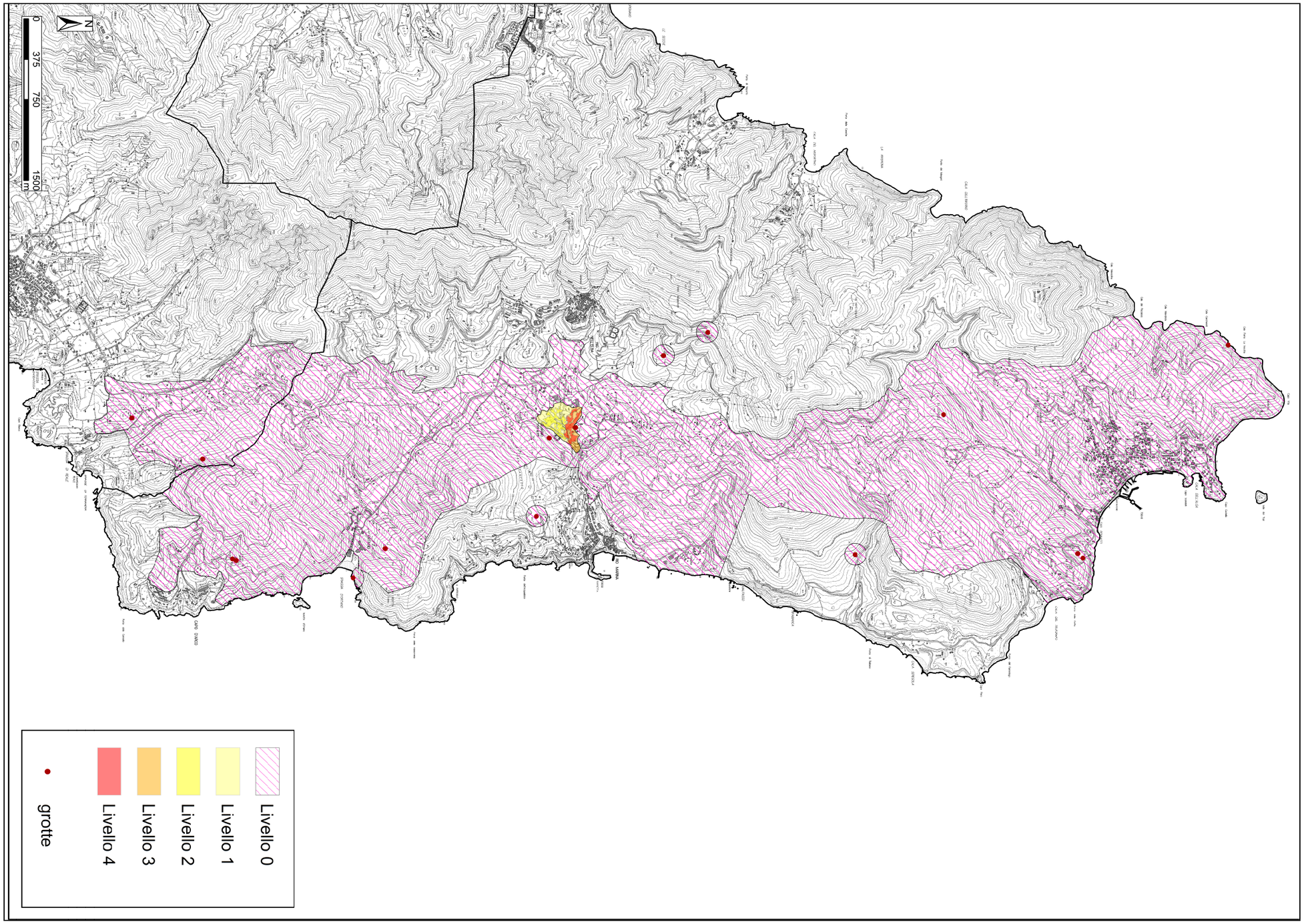


Figura 3. Carta della propensione ai sinkhole per l'intera area dell'Intercomunale (sovrapposta alla perimetrazione de Il Piano di Figura 1), con indicazione delle grotte e dei limiti comunali.

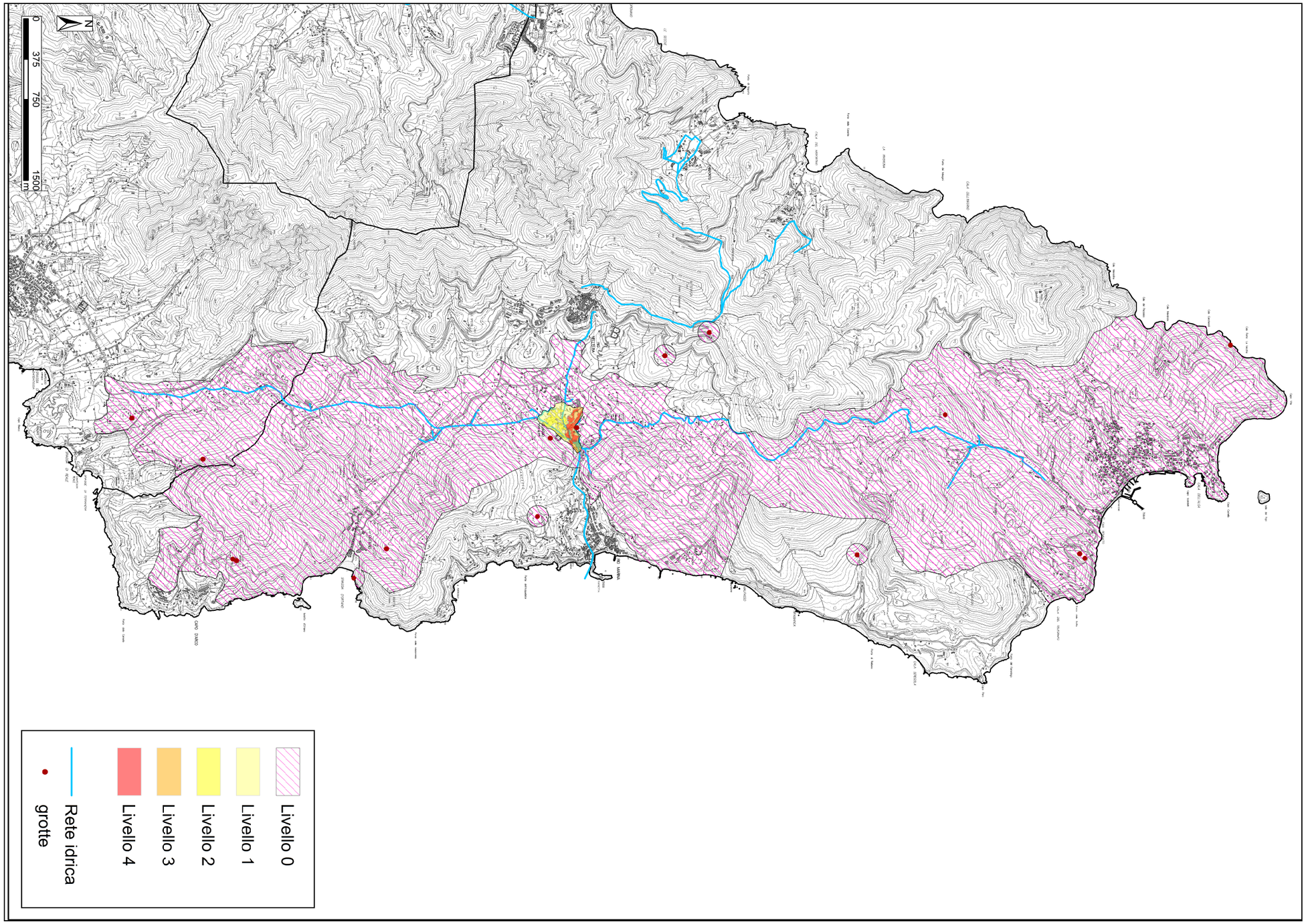


Figura 4. Carta della propensione ai sinkhole per l'intera area dell'Intercomunale (sovrapposta alla perimetrazione de Il Piano di Figura 1), con indicazione delle grotte, della rete idrica di ASA e dei limiti comunali.