



Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

**Studio cartografico per la classificazione preliminare
del territorio della Regione Lazio utile alla scelta
di siti di seppellimento in seguito
a focolai di influenza aviare**



INDICE

Introduzione.....	3
1. Materiali e metodi.....	4
2. Risultati e conclusioni	12
3. Alcuni esempi di mappe estrapolabili dal progetto cartografico	12
Rassegna bibliografica utilizzata ai fini del progetto per l'individuazione della non idoneità al seppellimento di grossi volumi di animali	16
Bibliografia	21

Introduzione

L'attività proposta ha come obiettivo la creazione di un progetto cartografico regionale utile all'interno della regione Lazio, per l'individuazione dei siti idonei al seppellimento di grossi volumi di carcasse in caso di epidemie o di abbattimento massivo conseguente a focolai di influenza aviaria. Tale attività è compatibile con le attività previste dal Decreto del Ministero della Salute del 14/03/2018 "Definizioni dei criteri di attuazione e delle modalità di accesso al Fondo per l'emergenza aviaria, ai sensi dell'articolo 1, comma 509, della legge 27 dicembre 2017, n. 205", il quale incentiva interventi per la ripresa economica e per l'aumento della biosicurezza nel settore avicolo.

In caso di focolai epidemici, è necessario che oltre a misure di controllo per prevenire la proliferazione e la trasmissione delle malattie, vengano programmate procedure per lo smaltimento di animali. Tra i processi di smaltimento più usati vi è il seppellimento, seguito dall'incenerimento e dal compostaggio. La scelta di un processo di smaltimento rispetto ad un altro, presenta simultaneamente vantaggi e svantaggi ed è di norma condizionata dal tipo di malattia, dal numero di animali, da eventuali problemi logistici, dalla percezione pubblica del problema o dal territorio (caratteristiche naturali, vocazione sociale).

Nei casi in cui si opta per la sepoltura, è necessario garantire che i rischi per la salute umana, per l'ambiente e la qualità dell'acqua siano trascurabili e che le caratteristiche ambientali limitino il più possibile tali rischi. È ovvio che lo smaltimento di enormi volumi di animali quale quello considerato nel presente studio, pone problemi ambientali e di biosicurezza considerevolmente più elevati rispetto allo smaltimento occasionale di singole o alcune carcasse, pertanto i requisiti indicati dal nostro studio si applicano soltanto all'interramento massivo. Come indicato da più Autori, è necessaria un'indagine accurata sui siti a grosso impatto anche dal punto di vista geologico, idrogeologico, e devono essere analizzate tutte le caratteristiche ambientali che possono favorire la diffusione di patogeni o sostanze pericolose considerando anche eventi accidentali. Un ambiente idoneo all'impianto di un sito di interrimento deve garantire la stabilità del sito per diversi anni ed un confinamento del materiale organico che duri da un minimo di 2 fino a 20 anni, tempo necessario per garantire la completa degradazione del materiale organico e dei patogeni in esso contenuti.

Ai fini della valutazione di idoneità di un sito, è stata considerata nel presente studio la preesistenza di eventuali vincoli e limiti normativi in porzioni di territorio (aree protette rete Natura 2000, aree archeologiche, aree ricche di risorse idriche strategiche, sorgenti, fiumi e laghi). Si è tenuto conto anche di pericoli che con un certo livello di probabilità possono incorrere nel tempo quali frane e alluvioni che possono compromettere la funzionalità di un sito o deteriorarne alcune proprietà che lo rendono idoneo a garantire la biosicurezza, laddove tali pericoli sono presenti e indicati da cartografie ufficiali regionali. Anche se le fosse e le trincee di interrimento sono normalmente munite di barriere isolanti è importante una valutazione preliminare della vulnerabilità ambientale all'inquinamento e del possibile impatto dei contaminanti date le caratteristiche naturali dell'ambiente stesso. In caso di incidente e fuoriuscita di percolato, a costituire un pericolo per l'ambiente circostante è non soltanto il materiale organico ed infettivo ma anche i prodotti chimici ad azione biocida o disinfettante utilizzati per il cospargimento delle carcasse (tra i più usati, la creolina che da studi recenti risulta dotata di tossicità). Nonostante gran parte della letteratura non fornisca dati allarmanti circa l'inquinamento delle falde in seguito a interrimento di carcasse animali, in questo studio vogliamo considerare tutti i possibili fattori che possono costituire un rischio al fine di essere maggiormente conservativi sulla valutazione di idoneità. È necessario

sottolineare che generalmente, una valutazione di idoneità, dovrebbe tenere conto delle specie animali nonché dell'eziologia della malattia e delle caratteristiche di resistenza dei patogeni. Per i focolai di influenza aviaria, che sono oggetto particolare di questo studio, la malattia è causata da virus appartenenti alla famiglia Orthomyxoviridae che in condizioni naturali sono piuttosto labili, resistendo nell'ambiente pochi giorni. Tali virus non resistono a Ph inferiore a 6.5, resistono solo 4 giorni a temperatura di 22 ° C in acqua e 30 giorni a 0 °C. Lo stesso virus ha dato prova di resistenza nel materiale fecale per 30 giorni a 4°C e per soli 7 giorni a 20°C.

Il progetto qui illustrato, anche per i principi su cui si basa, malgrado nasca per favorire la gestione di epidemie di influenza aviaria, fornisce informazioni utili per l'individuazione di aree idonee all'interramento anche in caso di focolai epidemici a diversa eziologia. Si tratta infatti di un progetto cartografico che classifica il territorio in termini di idoneità in base alla presenza/assenza di vincoli e norme ambientali (vincoli paesaggistici, aree protette), di caratteristiche che influiscono sulla suscettibilità all'inquinamento (sensibilità ambientale, vulnerabilità idrogeologica) e sulla stabilità nel tempo (rischio frane, alluvioni). La mappa favorisce la visualizzazione simultanea di differenti temi con componente spaziale che sarebbero altrimenti difficili da considerare individualmente. Idealmente la pianificazione dei siti di sepoltura dovrebbe essere eseguita prima di un incidente o focolaio, per ridurre il rischio di selezionare un sito non idoneo, a causa della pressione temporale, e quindi il nostro progetto fornisce una serie di strati geografici informativi utili a consultare il territorio per facilitare la scelta dei siti più idonei all'interramento nella regione Lazio.

Gli strati informativi (geodata) utilizzati dal progetto provengono dalla cartografia ufficiale scaricata da portali cartografici o ottenuti su richiesta: geoportale nazionale (Ministero della Transizione Ecologica, Geoportale Regione Lazio, Sistema informativo Regionale ambientale Lazio), altri archivi (open data europei). Trattandosi di substrati informativi a scala regionale la mappa finale potrebbe risultare carente di informazioni di dettaglio a scala più piccola (come quella comunale), che potrebbero essere importanti ed avere influenza su determinati siti oggetto di valutazione. Il progetto cartografico è quindi proposto come strumento di valutazione preliminare che può essere arricchito se è il caso da dati più specifici acquisiti in corso di indagine.

In fondo alla presente relazione si riporta una sintesi delle esperienze pubblicate sull'argomento nella letteratura scientifica sotto forma di Rassegna bibliografica.

1. Materiali e metodi

Ai fini del progetto cartografico utile a stabilire l'idoneità ambientale del territorio al seppellimento di grossi volumi di carcasse sono state prese in considerazione:

- caratteristiche naturali del territorio che influiscono sulla vulnerabilità ambientale all'inquinamento (profondità di falda, vulnerabilità idrogeologica, rete idrografica)
- presenza di vincoli ambientali o regolamenti che tutelano il territorio e ne limitano l'uso (Piani territoriali regionali o nazionali, Natura 2000, riserve naturali, altre norme nazionali e regionali)
- presenza di rischi che possono compromettere la stabilità del sito (rischio di frane, alluvioni)

Tutte le informazioni usate dal progetto provengono da geodati ufficiali reperibili dalla cartografia nazionale e regionale: geoportale dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (ISPRA), geoportale del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE, Ex MATTM), Geoportale della Regione Lazio (Open Data Lazio), Sistema Informativo Regionale Ambientale Lazio (SIRA), archivio geodati dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale Lazio e Toscana (IZSLT).

Sono state usate le seguenti mappe informative:

- Reticolo idrografico principale (fiumi principali)
- Reticolo idrografico di dettaglio (fossi e corsi d'acqua minori)
- Carta della vulnerabilità idrogeologica
- Sorgenti d'acqua
- Aree naturali protette (SIC e ZPS)
- Parchi
- Aree boschive
- Aree archeologiche
- Carta delle aree soggette a fenomeni franosi
- Carta della pericolosità per le alluvioni
- Carta delle cavità sotterranee
- Bacini lacustri
- Territori costieri
- Territori montani
- Zone Umide Ramsar
- Aree Agricole identitarie
- Zone Vulnerabili per Nitrati
- Profondità di falda
- Aree urbanizzate
- Centri storici di rispetto
- Rete stradale

Da tali carte sono state estrapolate tutte le informazioni utili alla classificazione del territorio.

A scopo conservativo ed il più possibile cautelativo nel senso di una minimizzazione dei rischi, ai fini del presente progetto, un'area è ritenuta non idonea se è interessata anche da uno solo dei fattori di seguito elencati. Tutte le aree non interessate dai fattori considerati sono potenzialmente idonee.

Sia l'idoneità che la non idoneità potrebbe essere rivista in concomitanza di geodata più specifici a livello locale o alla luce di fattori non considerati dal progetto: piani regolatori comunali, specifici usi del territorio (attività sportive e ricreative, camping, ecc.), tolleranza dei residenti o altri motivi sociali ed economici, ecc. I criteri e le assunzioni alla base della scelta dei fattori ambientali usati dal progetto sono illustrati nel paragrafo successivo.

Fattori di suscettibilità ambientale, di rischio o vincolanti dal punto di vista normativo, usati ai fini del progetto:

Di seguito vengono illustrate le caratteristiche ambientali, che sono state utilizzate per la valutazione dell'idoneità ambientale all'interramento massivo di carcasse animali. Tali caratteristiche, di seguito denominate fattori di rischio, sono quelle che influenzano il rischio per la biosicurezza, la suscettibilità ambientale o la conservazione degli habitat preesistenti.

Le considerazioni alla base della scelta dei fattori di rischio, traggono origine dalla legislazione vigente (norme e vincoli), dalla letteratura scientifica che invoca valutazioni di ordine idrogeologico e geologico (come da ricerca bibliografica riportata in calce al presente documento) e da competenze ambientali maturate presso l'IZSLT.

Reticolo idrografico principale: i corsi d'acqua principali rappresentano i recettori preferenziali oltre che le vie di trasporto di elezione dei contaminanti rilasciati nell'ambiente. Le linee di flusso sotterraneo ai lati di un corso d'acqua convergono verso l'alveo e quindi eventuali inquinanti nel suolo tendono ad essere trasportati verso l'alveo in particolare durante eventi piovosi. I corsi d'acqua funzionano da propulsore della contaminazione lungo la valle fluviale. È stato considerato un buffer di 150 metri intorno ai corsi d'acqua per stabilire la non idoneità dato che tale fascia di rispetto è anche quella indicata dal Piano Territoriale Paesistico Regionale che recepisce a livello regionale le indicazioni contenute nel D.Lgs. 42/2004 e successivo decreto correttivo D.Lgs. 157/2006 (PTPR, Regione Lazio, novembre 2007 available on: http://www.regione.lazio.it/rl_urbanistica/?vw=contenutiDettaglio&id=71). Sono state quindi utilizzate a livello cartografico i buffer areali forniti dal suddetto Piano (PTPR) e successive integrazioni. A scopi cautelativi sono stati uniti i buffer approvati nel 2007 con quelli approvati nel 2021 rispettivamente provenienti da "Piano Territoriale Paesistico Regionale art. 21-22-23 L.R. 24/98 adottato con DGR 556 del 25.7.2007 modificato e integrato con DGR 1025 del 21.12.2007" e "Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR), Approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 5 del 21 aprile 2021, pubblicato sul B.U.R.L. n. 56 del 10 giugno 2021, Supplemento n. 2. Rettificato con DGR 228 del 21/04/2022 pubblicata sul BURL n. 36 del 28/04/2022; Rettificato con DGR 670 del 02/08/2022 pubblicata sul BURL n. 66 del 09/08/2022." La fusione dei suddetti areali oggetto dai vincoli paesaggistici (prima e dopo revisione del Piano) deriva dal fatto che per gli scopi del presente lavoro si considerano a rischio tutte le aste fluviali a prescindere dai vincoli paesistici che vengono rivisti/integrati/eliminati per alcuni tratti di aste fluviali in seguito ad aggiornamento del Piano.

Reticolo dei corsi d'acqua minori: questo è rappresentato dall'insieme dei corsi minori di scorrimento idrico (torrenti, canali, ruscelli, fossi) che possono essere perenni, stagionali o attivi solo in concomitanza delle piogge. È stato stabilito un buffer di 50 metri per definire la non idoneità di un territorio intorno a tale reticolo in quanto la vicinanza a tali reticoli facilita la diffusione verso i fiumi di eventuali inquinanti che potrebbero fuoriuscire dalle barriere protettive delle fosse. Inoltre il limite di 50 metri dalle sponde dei canali è una fascia di rispetto indicata anche dal PTPR della Regione Lazio (2007).

Vulnerabilità idrogeologica: la vulnerabilità è un indice qualitativo della propensione / attitudine dei suoli a proteggere la falda acquifera sottostante dall'inquinamento ed è associata alla capacità di un

substrato di trattenere i contaminanti. La vulnerabilità è tanto minore quanto più i suoli rallentano l'infiltrazione degli inquinanti e la dispersione verso la falda e dipende da porosità, indice di fratturazione, permeabilità ed altre caratteristiche intrinseche dei suoli (carta della vulnerabilità idrogeologica della Regione Lazio). Durante il percorso nel sottosuolo insaturo, avvengono molte interazioni tra suolo e sostanze chimiche che concorrono a mitigarne l'impatto inquinante che è condizionato anche dalle suddette caratteristiche pedografiche.

Ai fini del progetto è stata stabilita la non idoneità per i suoli con vulnerabilità alta o elevatissima e l'idoneità per quelli con vulnerabilità da bassissima a bassa, mentre i suoli con vulnerabilità media vengono indicati mediamente idonei e necessitano di studi più specifici. La vulnerabilità è tratta dalla carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi della Regione Lazio a scala 1:750000 estratta dagli elaborati cartografici del Piano di Tutela delle Acque della Regione Lazio (Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi. Elaborati cartografici) 21

Sorgenti d'acqua: le sorgenti rappresentano una risorsa importante per uso potabile e sono un bene pubblico da preservare. Per conservare le caratteristiche qualitative delle acque destinate al consumo umano, il D.Lgs. 152/2006 stabilisce che le regioni individuino zone di salvaguardia intorno alle sorgenti distinte a livello normativo in zone di tutela assoluta, di rispetto e di protezione. Le zone a tutela assoluta sono aree entro 10 metri dalle sorgenti. La zona di rispetto viene stabilita dalle regioni ed in caso d'inerzia, viene comunque indicata un'area di 200 metri dalla captazione nella quale sono vietate molte attività (impianto di cimiteri, pozzi perdenti, dispersione fanghi, ecc.). Le zone di protezione sono più ampie, delineate da regioni o province affinché all'interno di esse appositi strumenti urbanistici o limitazioni siano indicati a tutela delle acque sotterranee. Ai fini del presente progetto ed a scopo conservativo si è tracciato un buffer di 500 metri intorno a ciascuna sorgente per indicare un territorio non idoneo. Tale raggio può essere riconsiderato in concomitanza di informazioni più puntuali (portata, tipologia d'uso, importanza strategica e altri limiti di rispetto). I dati sono stati estrapolati dalla carta idrogeologica del territorio della regione Lazio, a scala 1:250.000 (Boni, Bono & Capelli, 1986) aggiornata dai laboratori di idrogeologia delle Università "La Sapienza" e "Roma Tre" e ripubblicata nel 2012 (Capelli et al., 2012) e disponibile sul sito: <https://www.idrogeologiaquantitativa.it/?p=2022&lang=it> ; "carta affioramento naturale acque" dello strato "Idrografia" del Database Geotopografico (DBGT) regionale della Regione Lazio; questa carta comprende sorgenti, risorgive e fontanili ed è aggiornata al 2021; (https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geodbgt:geonode:web_040104_af_acq_p); punti di estrazione d'acqua per servizio idrico rispettivamente da sorgenti e da pozzi estrapolati da cartografia di Sistema Informativo ambientale regionale (SIRA) Arpa Lazio estratta nell'anno 2022 da: <https://sira.arpalazio.it/web/guest/cartografia>

Siti Natura 2000: i siti Natura 2000 sono stati designati a livello europeo per tutelare aree che rivestono un'importanza cruciale per molte specie animali o tipi di habitat elencati nelle direttive Habitat e Uccelli (rispettivamente Direttiva 92/43/CEE e Direttiva 2009/147/CEE). All'interno dei perimetri di tali siti sono previsti piani di tutela ed una valutazione di incidenza ambientale per opere che possono impattare in maniera significativa. Due tipologie di siti sono elencati nella Rete Natura 2000: Zone di Protezione speciale (ZPS) e le Zone Speciali di Conservazione (ZSC). Le prime sono aree strategiche per la conservazione di specie di uccelli (Direttiva Uccelli); le seconde aree di pregio per la conservazione di habitat naturali di interesse comunitario (Direttiva Habitat). A scopo cautelativo le aree classificate nell'archivio Natura 2000 sono state considerate non idonee ai fini del progetto, a meno di una valutazione di incidenza favorevole che è una procedura articolata (DPR 357/97) che

esula dai compiti del progetto. I geodata usati sono stati tratti da Open data della Regione Lazio, Rete Natura 2000 al sito: <http://dati.lazio.it/catalog/it/dataset/rete-natura-2000-zsc-zps>

Parchi: si tratta di riserve naturali e parchi istituiti a norma di leggi nazionali o regionali, protetti e tutelati e registrati nell'Elenco Ufficiale delle Aree Protette periodicamente aggiornato dal Ministero della Transizione Ecologica (EX MATTM). Possono essere designati per scopi diversi o per proteggere specie/habitat diversi da quelli per i quali è stata creata la rete Natura 2000. Non hanno lo stesso status dei siti Natura 2000 tuttavia alcune di queste aree sono anche designate anche come siti Natura 2000 e quindi sottoposte a molteplici vincoli. Tutti i parchi e le riserve nazionali o regionali sono sottoposti a vincoli paesistici dal Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR). Ai fini del presente progetto vengono considerate aree non idonee. I dati usati per il progetto sono stati estratti da cartografia del PTPR (Regione Lazio) Tav. B - Aree protette. <http://dati.lazio.it/catalog/it/dataset/e61757cc-f334-4f2d-9069-0e9e6bb539c5/resource/c46e4af7-951f-422a-b1c5-173dd39c1adc/download/parchi.zip>

Aree boschive: le aree boschive sono considerate componenti del paesaggio da tutelare (PTPR, D.Lgs 42/2004) sia per il mantenimento della biodiversità che per le diverse funzioni ecologiche che svolgono. Molte di tali aree rientrano anche nell'elenco Natura 2000 che ai fini del presente progetto sono già state considerate non idonee. Le aree boschive vengono da noi considerate tutte non idonee sia per motivi di tutela sia per mancata presenza all'interno di tali aree di una rete di viabilità per il trasporto delle carcasse, carenza che rende tali aree inaccessibili e quindi non idonee.

Aree archeologiche: sono aree interessate dalla presenza di beni archeologici o paleontologici sottoposte a protezione (Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PTPR) della Regione Lazio, approvato con Deliberazione del Consiglio regionale n. 5 del 21 aprile 2021-Tav. B - Aree Archeologiche). Si tratta di aree perimetrate dal PTPR intorno a resti areali, puntuali o lineari che includono anche la fascia di rispetto indicata dal PTPR che va a seconda dei casi da 50 a 100 metri a scopo preventivo. Per gli scopi del progetto sono considerate non idonee. I geodata provengono da open data pubblicati della Regione Lazio sul sito <http://dati.lazio.it/catalog/it/dataset/ptpr-tav-b-aree-archeologiche>. Sono altresì considerati non idonei le aree di buffer di 100 m, intorno ai punti archeologici tipizzati derivanti dal PTPR, Approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 5 del 21 aprile 2021, pubblicato sul B.U.R.L. n. 56 del 10 giugno 2021, Supplemento n. 2 e pubblicati nel Geoportale della Regione Lazio (https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:punti_archeologici_tipizzati3)

Aree soggette a fenomeni franosi: si tratta di aree poste su versanti friabili a o a rischio di scivolamento/scorrimento che mal si adattano sia a lavori di messa a dimora di fosse di interrimento, che alla loro gestione e conservazione in uno stato sufficientemente integro nel tempo. Tutte le aree soggette a fenomeni franosi non vengono considerate idonee ai fini del presente progetto. I dati usati sono stati tratti dall'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) che è la banca dati nazionale e ufficiale sulle frane realizzata da ISPRA in collaborazione con le Regioni e Province Autonome (art. 6 comma g della L. 132/2016). I geodata utilizzati ai fini del presente progetto sono le aree perimetrate a rischio frana (IFFI-frane poligonali) ottenuta dal geoportale del Ministero della Transizione Ecologica (EX MATTM). Non sono stati usati i geodata delle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (IFFI-DGPV) in quanto si tratta di deformazioni geotettoniche profonde la cui velocità è inferiore al millimetro/anno e che come tali si ritiene non possano costituire un rischio ai fini del presente progetto né i movimenti lineari in quanto questi non risultano presenti nella Regione Lazio.

Aree soggette ad alluvioni: conformemente alla Direttiva 2007/60/CE cosiddetta “Direttiva alluvioni” recepita in Italia con il D.Lgs. 49/2010, l’Italia ha elaborato mappe di pericolosità e rischio di alluvioni. Le mappe di pericolosità indicano i territori soggetti a probabilità di alluvioni secondo i seguenti scenari: scarsa, media, elevata probabilità di alluvioni. Le mappe di rischio indicano 4 livelli di rischio nelle aree precedentemente tracciate per ciascuno dei tre scenari di pericolosità considerando anche fattori di vulnerabilità quali: numero di abitanti potenzialmente interessati; infrastrutture e strutture strategiche; beni ambientali, storici e culturali; distribuzione e tipologia delle attività economiche; presenza di impianti potenzialmente inquinanti e di aree protette ed altre informazioni utili (volume di trasporto solido, fonti di inquinamento ecc.). Ai fini del presente progetto i geodata usati sono stati tratti dalla carta pericolosità (carta PGRAA) indicante i territori soggetti a pericolo di eventi alluvionali. Sono stati esclusi dall’idoneità tutti i territori sottoposti a pericolo di alluvione, con qualsiasi grado di probabilità. (Open Data della Regione Lazio dal sito <http://dati.lazio.it/catalog/it/dataset>)

Cavità sotterranee: sono rappresentate da grotte, tunnel, gallerie più o meno ampie, in cui eventuali fluidi o sostanze immesse possono essere trasportati a velocità elevata fino a centinaia di chilometri di distanza senza subire fenomeni di filtrazione o degradazione come accade nei suoli porosi e quindi sono luoghi considerati siti vulnerabili. Le cavità sono inoltre luoghi di esplorazione speleologica e di attrazione turistica e quindi importanti dal punto di vista socio-economico. Ai fini del progetto vengono considerate non idonee le porzioni di territorio comprese in un buffer di 500 metri intorno all’affioramento di tali cavità sia per la vulnerabilità all’inquinamento che per l’interesse speleologico e turistico. Come per gli altri fattori di rischio la dimensione del buffer può essere rivalutata sulla base di informazioni di maggiore dettaglio. I geodata usati dal progetto provengono dal catasto delle cavità naturali curato e tenuto dalla Federazione Speleologica del Lazio (FSL) come indicato nella L.R. 20/99. Il dataset ricavato dal geoportale della Regione Lazio indica la presenza di cavità in celle quadrate con lato di 250 m, ed è comprensivo della denominazione della cavità. Il buffer di 500 metri per stabilire la non idoneità di un territorio è stato definito intorno a tali celle.

Bacini lacustri: i bacini lacustri rappresentano risorse idriche da preservare e conservare anche dal punto di vista paesaggistico e di cui avere cura perchè sono un bene pubblico importante sia per scopi idrici che turistici. Intorno ai bacini lacustri è stato considerato un buffer di 300 metri per la definizione di non idoneità in quanto tale fascia di rispetto è anche quella indicata dal PTPR e dalle norme vigenti (Beni paesaggistici (art. 134 com. 1 lett. b Dlvo 42/2004) - Aree tutelate per legge (art. 142 com. 1): lettera b territori contermini ai laghi per una fascia di 300 ml) per la protezione delle coste dei laghi (D.Lgs 24 marzo 2006 n. 157 e D.Lgs 22 gennaio 2004, n. 42 "). Carta estrapolata da PTPR, tavola B, “Costa laghi” disponibile su <https://dati.lazio.it/catalog/dataset/ptpr-tav-b-costa-dei-laghi> (dati agg. 2020)

Territori costieri: le aree costiere entro 300 metri dalla costa devono essere tutelate per il loro interesse paesistico e sono sottoposte a vincoli e limitazioni dal PTPR (tabola b, “Costa mare”) e dalle norme vigenti (D.lgs 42/2004 e D.lgs 157/2006). Le aree costiere sono considerati aree sensibili data la notevole importanza che rivestono sia dal punto di vista turistico che per la biodiversità attestata dalla presenza di numerose aree sottoposte a protezione e conservazione (zone umide della Convenzione Ramsar 1971, Rete Natura 2000) già considerate nel presente progetto. Beni paesaggistici (art. 134 com. 1 lett. b Dlvo 42/2004) - Aree tutelate per legge (art. 142 com. 1): lettera a territori costieri per una fascia di 300 ml. Carta estrapolata da <https://dati.lazio.it/catalog/dataset/ptpr-tav-b-costa-mare> (dati agg. 2020).

Territori montani: i territori montani al di sopra di 1200 metri sopra il livello del mare (s.l.m.) devono essere tutelati per il loro interesse paesistico e sono sottoposte a vincoli e limitazioni dal PTPR e dalle norme vigenti (D.Lgs. 42/2004 e D.Lgs. 157/2006) e pertanto devono essere considerati non idonei ai fini del presente progetto. Carta scaricata da Geoportale cartografico della Regione Lazio e derivante da Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PTPR)

(https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:altimetria_1200).

Zone umide Ramsar: la Convenzione di Ramsar, sulle zone umide di importanza internazionale è un atto firmato a Ramsar, in Iran, il 2 febbraio 1971 da diversi Governi per la protezione delle zone umide e gli uccelli acquatici. Ai sensi della suddetta Convenzione si intendono per zone umide: le paludi e gli acquitrini, le torbiere oppure i bacini naturali o artificiali, permanenti o temporanei, con acqua stagnante o corrente, dolce, salmastra, o salata, ivi comprese le distese di acqua marina la cui profondità, durante la bassa marea, non supera i sei metri. Ad oggi, nei 168 Paesi firmatari della Convenzione sono stati individuati 2209 Siti Ramsar di cui 6 ricadono nella regione Lazio. Tali siti vengono considerati non idonei ai fini del presente progetto in quanto sottoposti a protezione degli habitat della flora e della fauna. Cinque dei sei siti Ramsar nella regione Lazio riguardano laghi (Laghi di Fogliano, Sabaudia, Monaci, Caprolace, Lago di Nazzano) a loro volta catalogati anche come aree Natura 2000, mentre l'ultimo sito si trova in un'area boschiva (Lagustelli di Percile).

Aree agricole identitarie: si tratta di aree tutelate a fini paesaggistici (PTPR). Sono aree agricole del Lazio che costituiscono testimonianza storica: Campagna Romana e Bonifiche agrarie del XX secolo (articolo 42 del PTPR). Si tratta di paesaggi storici e monumentali che sono di rilevanza storica sia per le testimonianze storico letterarie che pittoriche. Per tale motivo si considerano non idonee ai fini del presente progetto. Nella regione Lazio sono presenti 14 aree perimetrate come aree agricole identitarie. I dati sono stati tratti dalla cartografia ufficiale della Regione Lazio al sito <http://dati.lazio.it/catalog/it/dataset/ptpr-tav-b-aree-agricole-identitarie>

Zone Vulnerabili per Nitrati: la designazione delle Zone Vulnerabili da Nitrati (ZVN) riguarda aree in cui le pressioni esercitate dai nitrati le rendono particolarmente sensibili e a rischio di inquinamento se non si interviene. La Direttiva Nitrati (Direttiva 91/676/CEE) recepita dal D.Lgs. 152/2006 in Italia, ha lo scopo di proteggere le acque dall'inquinamento causato o indotto dai nitrati di origine agricola. L'articolo 10 della Direttiva Nitrati prevede che gli Stati membri presentino, ogni quattro anni, una relazione alla Commissione Europea sullo stato di attuazione della Direttiva sul territorio nazionale. Gli Stati membri devono quindi attuare una serie di misure quali: - il monitoraggio delle acque (concentrazione di nitrati e stato trofico); - l'individuazione delle acque inquinate o a rischio di inquinamento; - la designazione delle zone vulnerabili; - l'elaborazione di codici di buona pratica agricola e di programmi di azione (una serie di misure intese a prevenire e a ridurre l'inquinamento da nitrati). In base ai risultati del monitoraggio periodico delle acque le Autorità competenti dovranno poi procedere, almeno ogni quattro anni, al riesame e ripermimetrazione, ove necessario delle zone vulnerabili e dei programmi di azione. Nel 2020 la Regione Lazio individua nuove zone vulnerabili dai nitrati di origine agricola (ZVN), ai sensi dell'articolo 92, D.Lgs. 152/2006 e della direttiva nitrati 91/676/Cee da aggiungere a quelle preesistenti (Delibera approvata con Dgr 30 gennaio 2020, n. 25).

Su tali aree la Regione intraprende dei programmi di azione che tendono a limitare o escludere l'impiego, anche temporaneo, di prodotti fitosanitari, al fine di proteggere le risorse idriche e altri

comparti rilevanti per la tutela sanitaria o ambientale da possibili fenomeni di contaminazione. La cartografia aggiornata delle ZVN è stata estrapolata da portale SIRA della regione Lazio.

Profondità di falda: una falda che è molto vicina al suolo rende più vulnerabile il terreno alla diffusione di eventuali contaminati, sia verso la falda sottostante che nei terreni adiacenti, in quanto il flusso avviene sia in direzione orizzontale che verticale. Nei sottosuoli la permeabilità è normalmente più elevata in direzione orizzontale con un rapporto che oscilla tra 2 e 20 rispetto a quella verticale. L'acqua presente nei pori dei terreni saturi facilita la dissoluzione ed il trasporto e quindi la mobilizzazione dei contaminanti. Anche se i patogeni subiscono una biodegradazione naturale nell'ambiente e vanno incontro a inattivazione dopo un tempo variabile, le falde poco profonde rappresentano un elemento di non idoneità per l'impianto di un sito di seppellimento sia per la messa in opera del sito sia per il rischio di impattare sull'ambiente. Dato che per i siti di seppellimento viene normalmente indicata una profondità minima di almeno 3 metri (o più per sepolture massive) si considerano non idonei tutti quei suoli con una profondità di falda inferiore a 20 metri rispetto al piano campagna tenendo conto anche delle fluttuazioni stagionali. Il dato usato nel progetto cartografico è un dato ricavato dalle curve piezometriche della carta idrogeologica della regione Lazio, a scala 1:250.000 (Boni, Bono & Capelli) aggiornata dai laboratori di idrogeologia delle Università "La Sapienza" e "Roma Tre" e disponibile sul sito <https://www.idrogeologiaquantitativa.it/?p=2022&lang=it>. La profondità di falda è stata calcolata matematicamente mediante sottrazione aritmetica tra i raster Digital Elevation Model (DEM) e piezometrico. Data la scarsa densità delle curve di livello piezometrico, e lo sporadico aggiornamento della piezometrica a livello regionale si tratta un substrato informativo impreciso; tuttavia per valutazioni preliminari è stato inserito nel progetto.

Aree urbanizzate: la presenza di aree densamente urbanizzate rappresenta un limite per l'impianto di siti massivi di interrimento dovuto alla vicinanza della popolazione umana, che non solo si troverebbe esposta per via della vicinanza ma sarebbe coinvolta in fenomeni di scarsa tolleranza/accettazione sociale. Inoltre la presenza di centri urbani costituisce un limite per la logistica di un impianto di interrimento: traffico, gestione dei lavori, trasporto, carico/scarico.

Centri storici di rispetto: Ai sensi del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PTPR), Approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 5 del 21 aprile 2021, pubblicato sul B.U.R.L. n. 56 del 10 giugno 2021, Supplemento n. 2, si intendono per insediamenti urbani storici gli organismi urbani di antica formazione che hanno dato origine alle città contemporanee nonché le città di fondazione e i centri realizzati nel XX secolo e che hanno mantenuto la riconoscibilità delle tradizioni, dei processi e delle regole che hanno presieduto alla loro formazione. La relativa perimetrazione è stata effettuata attraverso il riconoscimento sulla CTR delle configurazioni urbane illustrate nelle planimetrie storiche redatte precedentemente e immediatamente dopo l'avvento dello stato unitario e rilevate dal Catasto Gregoriano 1820-40 e dalla cartografia IGM 1:25.000 levata 1873/83. I territori contermini sono stati individuati a partire dalla perimetrazione accertata come indicato nel precedente comma, per una fascia di rispetto di 150 metri.

Carta estrapolata da portale cartografico della Regione Lazio disponibili su: https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geonode:centri_storici_rispetto_150

Rete stradale: la rete stradale di per sé non rappresenta un rischio ma anzi favorisce dal punto di vista logistico la messa in opera, la gestione del sito, il trasporto e lo scarico di animali morti. Le

strade devono consentire il passaggio di autocarri, possibilmente dovrebbero non essere sterrate e non densamente trafficate. Inoltre in alcuni Paesi è stata indicata una distanza opportuna di interrimento intorno a qualsiasi strada pubblica variabile da 60 metri a 800 metri. Ai fini del presente progetto la distanza idonea è stata considerata alla luce degli altri fattori di rischio riscontrati nel territorio. La viabilità è stata estrapolata da Geoportale Cartografico della Regione Lazio che a sua volta ha utilizzato come fonte dati il Tema "Strade", dello Strato "Viabilità, mobilità e trasporti", del Database Geotopografico Regionale scala 1:5.000, v. 2014 (https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geodbgt:geonode:web_010105_ar_vms_1); altri.opendata (<https://mapcruzin.com/free-italy-arcgis-maps-shapefiles.htm>).

2. Risultati e conclusioni

Il prodotto finale di questo studio è un progetto cartografico consultabile, spazialmente navigabile (anche attraverso l'uso dello zoom), esplorabile (anche dal punto di vista delle informazioni apportate dai layer) messo a disposizione degli utenti che ne fanno richiesta (autorità regionali, comunali, AASSLL, altri portatori di interesse) sia attraverso piattaforme on line, appositamente create dall'Osservatorio Epidemiologico, il cui accesso viene abilitato dall'IZSLT a diversi livelli, sia all'occorrenza attraverso lo scambio di shapefile/layer importabili in Sistemi Informativi Geografici di proprietà (ArcGIS) o gratuiti (es. QGIS). Il risultato del progetto è una cartografia preliminare utile a distinguere sul territorio le aree che dal punto di vista ambientale sono soggette a vincoli o a rischio ambientale e pertanto non sono idonee, da quelle che invece sono potenzialmente idonee e che necessitano di ulteriori studi per valutare la fattibilità all'interrimento di grandi volumi di animali. Si tratta di una carta preliminare in quanto le informazioni usate per la classificazione del territorio non sono state desunte da carotaggi, ispezioni del suolo, né da preesistenti piani regolatori, come già detto scaturiscono semplicemente da cartografie ufficiali a livello regionale che riportano sensibilità ambientale, stabilità nel medio e lungo periodo (frequenza di frane o alluvioni) e presenza di vincoli. La sovrapposizione di diverse informazioni a livello geografico consente di individuare le aree a maggiore idoneità. Di seguito vengono presentate alcune immagini estrapolabili dal progetto che facilitano l'individuazione dei territori potenzialmente idonei. La navigazione all'interno del progetto GIS permette di visualizzare le informazioni legate agli elementi visualizzati (strati informativi). Eventuali geodata di maggiore dettaglio reperiti a livello locali possono entrare a far parte del progetto per l'implementazione dello stesso. Il progetto cartografico ha il potenziale per essere reso disponibile per la consultazione dei dati, la navigazione e l'integrazione.

3. Alcuni esempi di mappe estrapolabili dal progetto cartografico

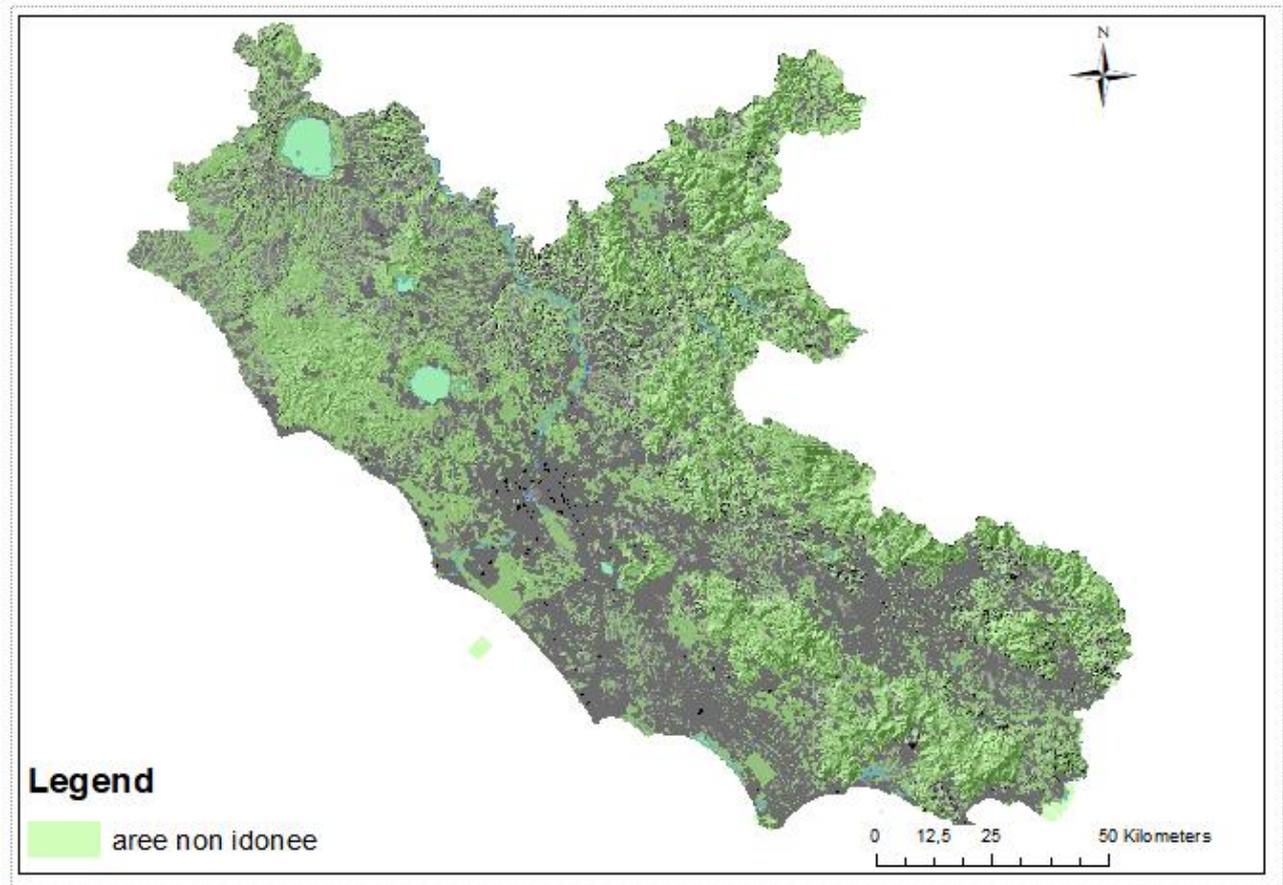


Fig. 1. Mappa dei fattori di rischio che complessivamente non rendono idoneo il territorio al seppellimento

*In verde aree non idonee; in grigio aree potenzialmente idonee

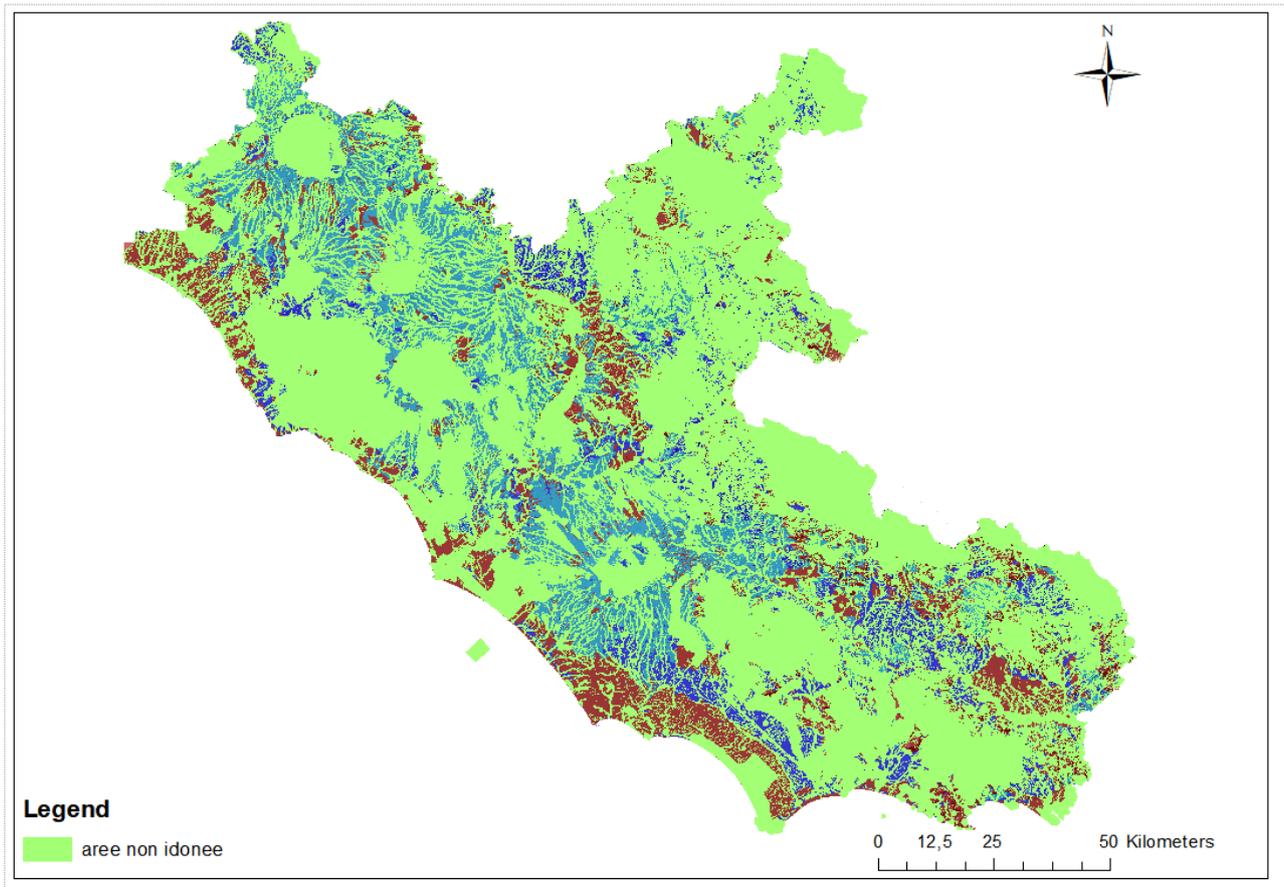


Fig. 2. Mappa dei territori non idonei (verde chiaro) e indicazione della vulnerabilità idrogeologica sui territori potenzialmente idonei (altri colori).

*In azzurro i terreni più idonei dal punto di vista della vulnerabilità idrogeologica e in rosso quelli meno idonei

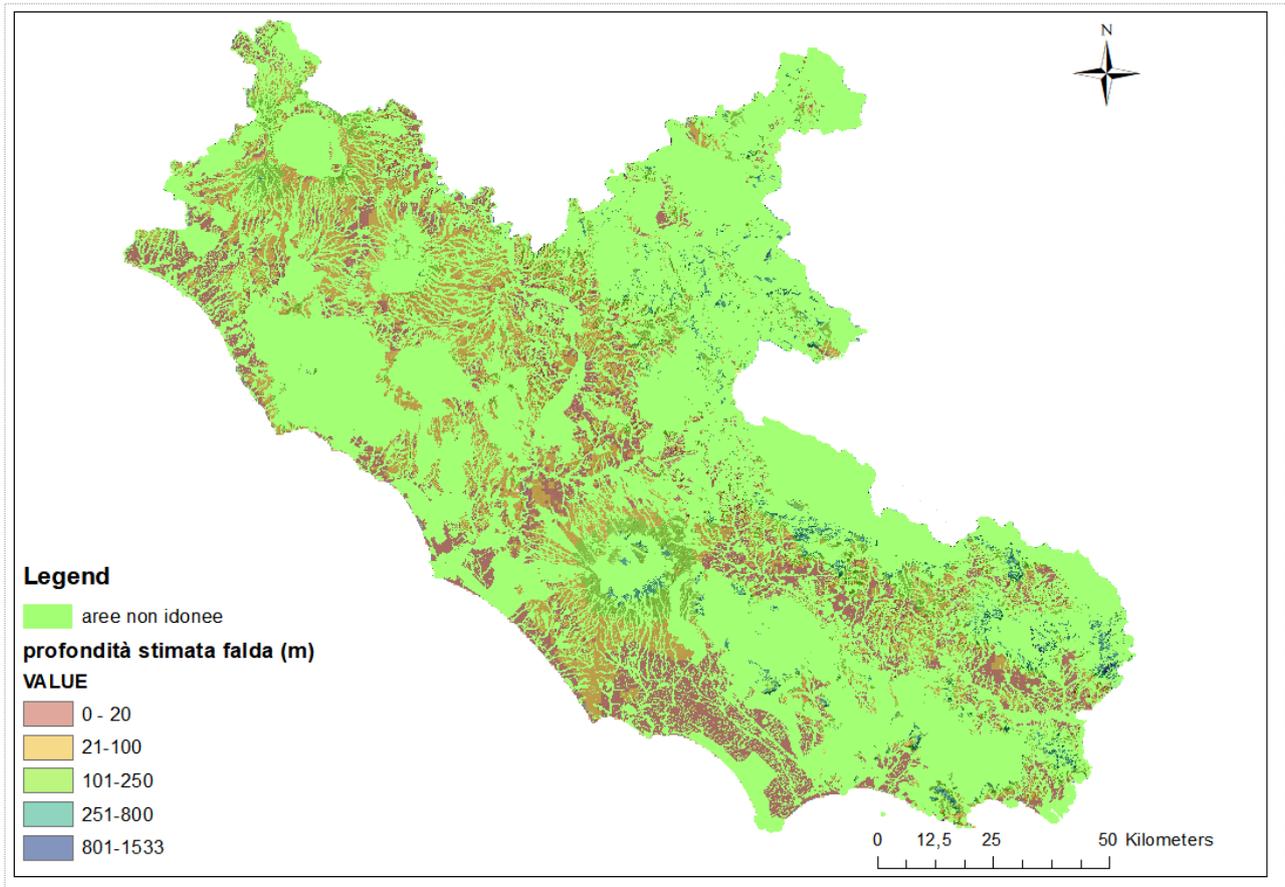


Fig. 3. Mappa dei territori non idonei (verde chiaro) e indicazione della profondità di falda nei territori potenzialmente idonei (altri colori)

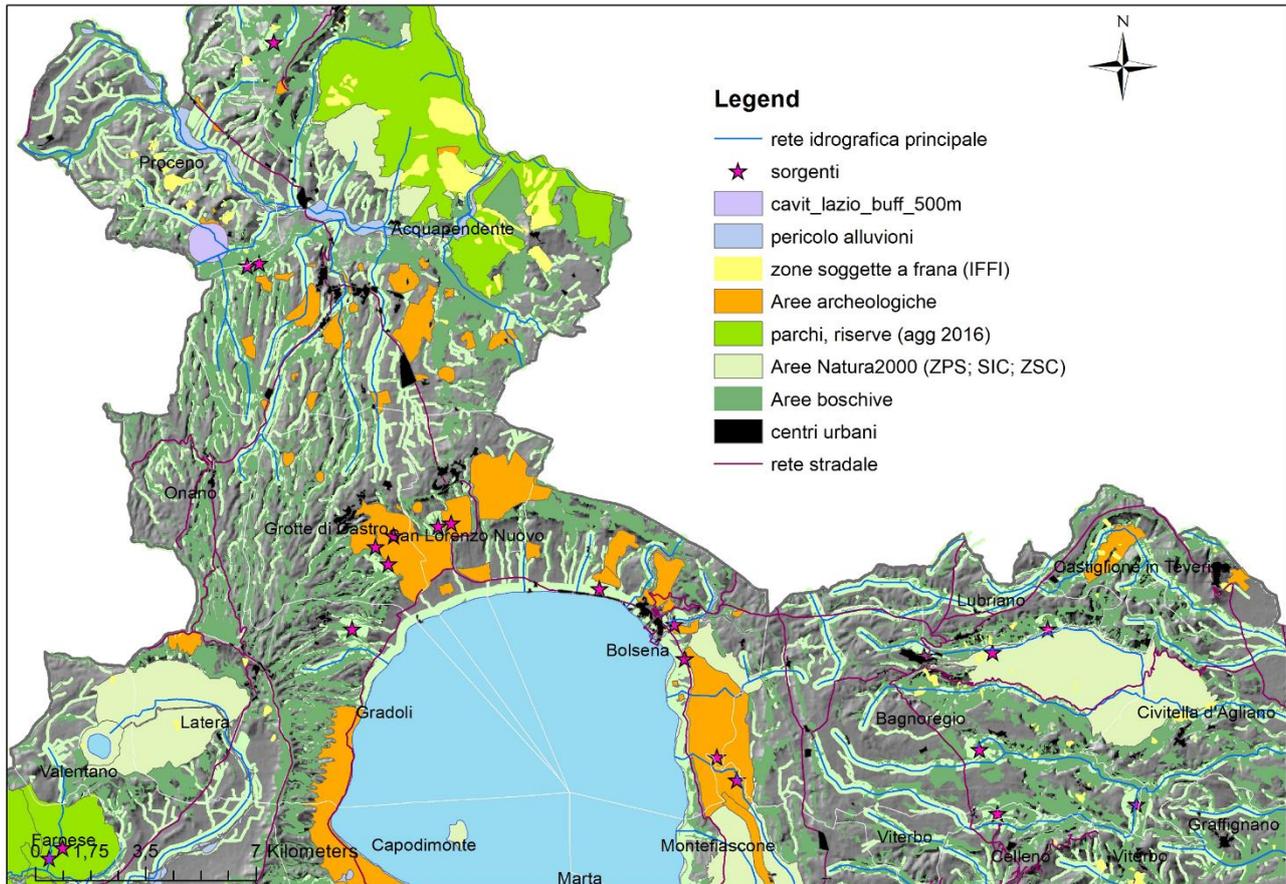


Fig. 4. Mappa di porzione di Regione Lazio con il dettaglio di alcuni fattori di rischio e altre variabili utili (strade principali).

*In grigio i territori potenzialmente idonei

Rassegna bibliografica utilizzata ai fini del progetto per l'individuazione della non idoneità al seppellimento di grossi volumi di animali

Nonostante le limitazioni imposte in Europa per l'interramento di animali o resti di animali non trattati (Reg EC n. 1774/2002) il seppellimento resta ancora uno dei metodi di smaltimento più diffusi in molti Paesi, data la relativa economicità del processo e la semplicità dal punto di vista logistico, ma pone un problema, per la protezione della qualità delle risorse idriche (9,11,13,14). Malgrado molti studi indicano un rischio per le risorse acquifere legato al seppellimento di grosse masse di animali, ancora non è chiaro il reale pericolo per la salute umana (11,15). Il percolato diventa un pericolo per la qualità delle acque quando si infila nei suoli e raggiunge le risorse idriche (2,3,4). Non risultano allo stato attuale molti studi che riportano problemi ambientali legati al seppellimento e che quindi ne indicano una elevata pericolosità (17). Alcuni problemi sono stati evidenziati per la presenza di sostanze organiche in pozzi d'acqua in particolare intorno a fosse non impermeabilizzate (2,3,4,8). Un eccesso di tali composti supporta la crescita di alghe e piante nei bacini ed un aumento dell'eutrofizzazione come già riscontrato in presenza di inquinamento urbano

diffuso. Pochissimi gli studi che hanno indicato problemi legati alla contaminazione batterica (11,15,17).

La sepoltura, che avviene generalmente in loco e non comporta un trasporto a grandi distanze, ha un'acceptabilità sociale maggiore rispetto ad altre pratiche di smaltimento. Inoltre ha il vantaggio di limitare il trasporto e quindi controllare malattie che possono avere diffusione aerea come l'afta epizootica e l'influenza aviaria (IA) (5). Il trasporto, comunque, non è sempre considerato un elemento di rischio come rilevato in un focolaio di afta epizootica a larga scala nel 2010 in Giappone in cui è risultato che le vie di trasporto non costituivano una via di infezione significativa (5,7). Il percolato può costituire una minaccia in quanto può veicolare nell'ambiente, agenti batterici e virus, ma anche composti chimici, organici (2,5). Gli antibiotici, com'è noto, sono importanti per le possibili conseguenze legate all'antibiotico-resistenza e alla riduzione dell'efficacia dei trattamenti farmacologici. In generale gli studi evidenziano un trasporto limitato a poche decine di metri intorno ai siti di seppellimento di sostanze inquinanti e microrganismi (15,17).

Tra i fattori che influenzano la diffusione dei contaminanti nei territori circostanti, vi sono: le proprietà idrogeologiche, la profondità di falda, la permeabilità, la pendenza, la vicinanza a corsi d'acqua (4,5,11,14,15).

La presente ricerca bibliografica ha come obiettivo la raccolta di informazioni e conoscenze utili per l'individuazione dei siti più idonei al seppellimento in seguito a focolaio di Influenza aviaria per la riduzione del rischio ambientale e per la protezione della salute umana.

Persistenza nell'ambiente di inquinanti organici e agenti biologici provenienti dai siti di sepoltura

Sono scarse le conoscenze sulla persistenza nell'ambiente degli agenti microbici provenienti dal percolato delle fosse di interrimento e sull'effettivo pericolo per la salute umana (11,15). Alcuni studi riportano un eccesso di sostanze organiche in pozzi limitrofi ai siti di interrimento. Tra le sostanze organiche rilasciate nell'ambiente con il percolato vi sono composti a base di azoto (N), cloro (Cl) e fosforo (P). I cloruri rappresentano il migliore indicatore di contaminazione associata a seppellimento di carcasse (15). Alcuni Autori mostrano la presenza di NO₃-N e Cl nel percolato fino a 400 giorni dalla decomposizione degli animali (4). Nei siti di interrimento di massa è stata riportata la presenza di percolato e gas fino a 20 anni (15). Per quanto riguarda virus e batteri non sono finora disponibili molti dati sulla loro degradazione nei suoli. Il virus dell'afta epizootica generalmente si disattiva rapidamente nel tessuto scheletrico e muscolo cardiaco delle carcasse come risultato del calo del pH durante il rigor mortis, tuttavia, può sopravvivere a 4 ° C per circa due mesi su lana e più di sei mesi quando si trova sulla superficie del suolo sotto la neve (15,16).

Un pericolo maggiore può essere costituito dalla presenza di spore di antrace o di prioni. Spore di antrace e prioni possono notoriamente restare nei suoli per moltissimi anni. L'infettività da TSE può persistere per moltissimi anni ma non sono disponibili informazioni circa la sua persistenza in condizioni di interrimento (15,16). La sepoltura in profondità può indurre condizioni ipossiche, in particolare in terreni con un contenuto di umidità molto elevato che può impedire il degrado microbico dei prioni e quindi costituire una minaccia se le fosse vengono esposte in un secondo momento (11). Comunque tale eventualità è stata chiaramente ridotta dal Reg 1774/2002 che prevede per gli animali affetti da TSE il pretrattamento in un impianto di trasformazione prima della sepoltura (8).

I processi di decomposizione degli animali possono durare decenni nelle fosse di interrimento (4,5,15). Alcuni Autori hanno dimostrato la presenza di carcasse non completamente decomposte a distanza di 6 anni, ritrovate in siti di sepoltura scavati per il loro ricollocamento, altri indicano in 2 anni il periodo sufficiente per una completa decomposizione (2,5). Tale variabilità è da imputare evidentemente al luogo e alla natura dei suoli (pH, ossigeno, umidità, permeabilità) (5,15). Il trasporto dei patogeni verso gli acquiferi sottostanti è influenzato dalla profondità di falda, dalla

tipologia di suolo, dalle precipitazioni (4,5,15). Una falda più profonda aumenta i tempi di percorrenza dei fluidi e quindi la probabilità che il percolato venga degradato nel caso dovesse superare le barriere impermeabili attualmente imposte ai limiti delle fosse (8). I fenomeni di adsorbimento, filtrazione, predazione da parte delle popolazioni microbiche, naturalmente presenti nei terreni, comportano una riduzione significativa dei patogeni e delle molecole nell'ambiente (4,11).

Caratteristiche dei suoli che influenzano il passaggio dei contaminanti

Le fosse in terreni sabbiosi aumentano il rischio di contaminazione. Questi terreni, a causa della porosità e della elevata permeabilità aumentano il tasso di percolazione e quindi la vulnerabilità delle acque sotterranee soprattutto in assenza di barriere impermeabili (5). Alcuni Autori riportano una maggiore contaminazione delle acque intorno a fosse di sepoltura in terreni sabbiosi con falde acquifere stagionali poco profonde (5,17). Altri Autori riportano che la topografia del sito influenza la produzione e il trasporto di percolato (5,3). Alcuni Autori hanno monitorato le proprietà microbiologiche di due siti di sepoltura idrogeologicamente diversi (area pianeggiante e pendio montano) e hanno osservato una maggiore contaminazione nell'area posta più a valle su terreni su pendio probabilmente legata alla maggiore velocità di scorrimento di fluidi sfuggiti alle barriere contenitive (5,18).

Caratteristiche raccomandate per le fosse di interrimento

Alcuni autori raccomandano di posizionare le carcasse sotto il suolo in una fossa con una copertura minima della terra di 0,6–1,9 m (17).

Materiali di rivestimento come rivestimenti sintetici o sistemi di rivestimento in argilla compattati nelle fosse possono ridurre significativamente la contaminazione delle acque sotterranee, impedendo l'ingresso del percolato (4, 5). L'installazione del materiale di rivestimento nelle fosse di sepoltura funge da barriera per il movimento verticale del percolato ed è utile per controllare anche il flusso orizzontale. Nei sottosuoli la permeabilità è normalmente più elevata in direzione orizzontale rispetto a quella verticale con un rapporto che oscilla tra 2 e 20.9. Nei sistemi foderati il percolato può essere pompato e subire un trattamento prima dello scarico e quindi la contaminazione dell'acqua attraverso la sepoltura delle carcasse può essere controllata in modo più efficace (5).

In Italia il Ministero della Salute prevede una escavazione di una fossa profonda almeno 2 m, in cui porre le carcasse in monostrato da ricoprire con terreno argilloso. In tutti i casi la fossa deve essere foderata da guaine impermeabili e/o da strati argillosi (8). Gli strati argillosi a causa delle loro caratteristiche granulometriche e porosità, fungono da substrato pressoché impermeabile in quanto la loro permeabilità è pressoché trascurabile. Le fosse una volta colmate vengono ricoperte da teli sintetici impermeabili per evitare l'infiltrazione di acque piovane. Le pareti della fossa e del fondo devono essere cosparse di calce viva. Fra le carcasse degli animali si devono aggiungere disinfettanti denaturati, come creolina, al fine di limitare nel tempo i possibili attacchi da gasteropodi, lombrichi e animali predatori. Tutto questo al fine di evitare la propagazione del percolato derivante dalla decomposizione, L'aggiunta di calce idrata (Ca(OH)_2) ha dimostrato di essere efficace nella riduzione della sopravvivenza e della diffusione dei patogeni (12).

Caratteristiche ambientali idonee all'interrimento

Tra i fattori che influenzano la diffusione dei contaminanti nei territori circostanti, vi sono: proprietà idrogeologiche, struttura del suolo (porosità, fratturazione), permeabilità, pendenza, vicinanza a corsi d'acqua (4,5,11,14,15).

Ai fini della protezione della salute umana, sarebbe utile conoscere e considerare per la scelta del sito idoneo al seppellimento, sia le caratteristiche che rendono più vulnerabile l'ambiente sia le caratteristiche di decadimento biologico degli agenti zoonosici.

Nel Regno Unito è stata usata una carta della vulnerabilità della falda per localizzare i siti più idonei all'interramento durante un focolaio di afta epizootica (5,11). Per ridurre il rischio di contaminazione delle acque sotterranee oltre alle mappe di vulnerabilità idrogeologica vengono usate mappe di localizzazione di pozzi di approvvigionamento idrico, di caverne carsiche, topografiche e di uso del suolo. Tale approccio può identificare i siti più idonei in caso di necessità. La selezione del sito per la sepoltura di carcasse sia all'interno che all'esterno dell'azienda agricola richiede quindi un attento esame e valutazione dei fattori che possono diventare potenzialmente dannosi sull'ambiente. Anche quando le fosse e le trincee di interrimento contemplano barriere impermeabili isolanti è sempre importante valutare in che misura la quantità di percolato potrebbe impattare sull'ambiente date le caratteristiche naturali dell'ambiente stesso, nel caso le barriere possano ridurre la loro funzionalità nel tempo (logoramento, terremoti, frane). Idealmente, i siti di sepoltura dovrebbero essere identificati e pianificati prima di un incidente o focolaio. Ciò riduce il rischio di selezionare un sito non idoneo a causa della pressione del tempo durante un incidente. Tra i vari aspetti da considerare per la selezione di un sito vi sono i seguenti (5).

Geologia ed idrogeologia

Una geologia adeguata aiuta a garantire il contenimento del percolato ed il passaggio di agenti patogeni a lungo termine. Una conoscenza generale della geologia fornisce indicazioni sui possibili rischi di inquinamento del suolo e delle acque superficiali. I suoli che forniscono un'attenuazione naturale del percolato sono quelli in grado di assorbire i componenti chimici dal percolato. Le aree soggette a instabilità, vale a dire faglie geologiche attive, pendii ripidi, argini di fiumi, laghi, oceani dovrebbero essere evitate (5).

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche, la permeabilità è una delle caratteristiche tenute in maggiore considerazione nella valutazione della capacità dei suoli di proteggere la falda. La riduzione della permeabilità prolunga il tempo impiegato dal percolato per raggiungere potenziali fonti d'acqua e facilita lo scambio ionico tra ioni ammonio e ioni di calcio, magnesio, sodio e potassio e l'abbattimento della patogenicità. In generale, i siti con un alto contenuto di argilla, avendo una permeabilità inferiore rispetto a quelli sabbiosi hanno maggiori probabilità di protezione. La permeabilità è uno dei parametri principali valutato per stabilire la vulnerabilità dei suoli. La vulnerabilità viene riportata dalla carta idrogeologica e consente di individuare i terreni che hanno la caratteristica di rallentare il flusso e garantiscono un tempo di percorrenza lungo. Al contrario substrati fratturati o non consolidati, come carbonati, arenarie, brecce, che hanno un'alta permeabilità e sono considerati molto vulnerabili, dovrebbero essere considerati ad alto rischio. Vengono considerati a basso rischio suoli con bassa permeabilità ($\leq 1 \times 10^{-7}$ cm sec⁻¹).⁵ Le argille sono dotate di una permeabilità che varia da 10^{-9} a 10^{-8} centimetri al secondo mentre le argille limose tra 10^{-8} e 10^{-6} (9). Per tale ragione il terreno sottostante la fossa deve essere strutturato con argilla, altrimenti dovrebbe essere utilizzato un rivestimento sintetico (5,8,9).

Per le stesse ragioni devono essere evitati seppellimenti in regioni carsiche con carbonati fratturati dotati di ad alta permeabilità secondaria o zone prossime ai corsi d'acqua dove si alternano arenarie e strati a ciottoli molto permeabili o aree con falde poco profonde o superficiali.

Le normative in molte giurisdizioni richiedono che i siti di sepoltura di routine nelle fattorie siano a più di 250 m, da qualsiasi pozzo utilizzato per l'acqua potabile, 50 m dai corsi d'acqua e 10 m dai fossi di scarico dei campi (Le normative sui sottoprodotti di origine animale-Scozia, 2003). In Korea i siti identificati per la sepoltura di massa dovrebbero trovarsi ad almeno 1000 m da qualsiasi pozzo e 200 m da qualsiasi corso d'acqua (5)

Topografia

Le terre pianeggianti sono preferite alle terre in pendenza per i siti di sepoltura di massa, poiché le pendenze aumentano la velocità di drenaggio ed il flusso sotterraneo. Tuttavia, anche le aree con pendenze modeste possono essere idonee alla collocazione di un sito di interrimento di carcasse, per la capacità di facilitare il controllo delle acque piovane e del percolato e perché potrebbero essere l'unica opzione disponibile al momento (5).

Accesso e traffico

Anche le condizioni delle strade e del traffico di accesso al sito di smaltimento devono essere considerate per la selezione del sito idoneo alla sepoltura. Le strade e i ponti sulla strada di accesso al sito devono ospitare veicoli pesanti, e grandi carichi sovradimensionati e quindi devono essere idonee. Inoltre le aree residenziali dovrebbero essere evitate verso i luoghi di smaltimento ed il traffico dovrebbe essere minimizzato in aree urbane in quanto si è manifestata l'opposizione pubblica in talune aree e la preoccupazione delle autorità locali relativamente alla biosicurezza dei mezzi pesanti che trasportano carcasse (15).

Conclusioni della rassegna

Ai fini dell'individuazione dei siti idonei al seppellimento è necessario considerare diversi aspetti ambientali. I siti possono essere individuati mediante sovrapposizione di strati informativi attraverso i sistemi informativi geografici (GIS) per creare mappe di idoneità. Ad esempio i siti devono trovarsi a determinate distanze dai corsi d'acqua, in luoghi dove la falda non è superficiale, dove i suoli hanno una bassa vulnerabilità e dove la pendenza topografica non è elevata, ecc. Gli strumenti GIS possono escludere le zone dove il seppellimento di animali sarebbe inappropriato, non sostenibile o poco desiderabile. Una mappa può anche fornire diversi livelli di idoneità (bassa, media, alta). Per delineare l'esclusività o l'inclusività di un'area viene spesso adoperata la tecnica del buffer che definisce una zona entro una specifica distanza da alcuni elementi geografici. I risultanti buffer formano dei poligoni che sottendono determinate porzioni di territorio. Possono supportare la strategia di seppellimento fornendo mappe utili allo scopo che possono essere arricchite via via delle informazioni che le autorità riterranno necessarie in caso di incidente, quali aspetti socio-economici, densità degli allevamenti ecc. Ai fini dell'individuazione dei siti idonei si devono tenere in debito conto anche le caratteristiche biologiche e fisiologiche degli animali che saranno oggetto di seppellimento e dell'eziologia della malattia. Per i focolai di influenza aviaria ad esempio è necessario considerare che la malattia è causata da virus appartenente alla famiglia Orthomyxoviridae che in condizioni naturali è molto labile: non resistono a pH inferiore a 6.5, e resistono solo 4 giorni a temperatura di 22 ° C in acqua e pochi giorni a 4°C. Un sito di interrimento che consideri anche i tempi di resistenza media dei patogeni può essere quindi più idoneo dal punto di vista ambientale ad alcune specie animali e malattie piuttosto che ad altre (19,20).

Le mappe di idoneità ambientale, anche se non esaustive di tutti gli aspetti, in quanto eseguite con i dati a disposizione a livello regionale, devono essere condivise con le autorità locali come strumento di supporto affinché i comuni valutino anche aspetti locali, quali: vocazione al turismo, viabilità, proprietà private ecc. L'uso di mappe di idoneità aiuta a prevenire impatti per l'ambiente e per la popolazione locale.

L'idoneità ambientale può essere associata ad ulteriori temi geografici via via che le informazioni saranno disponibili.

Bibliografia

1. Costa, T., & Akdeniz, N. (2019). A review of the animal disease outbreaks and biosecure animal mortality composting systems. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 90, 121-131. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.047>
2. Koh, E., Kaown, D., Kim, H. J., Lee, K., Kim, H., & Park, S. (2019). Nationwide groundwater monitoring around infectious-disease-caused livestock mortality burials in Korea: Superimposed influence of animal leachate on pre-existing anthropogenic pollution. *Environment International*, 129, 376-388. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.073>
3. Yuan, Q., Snow, D. D., & Bartelt-Hunt, S. (2013). Potential water quality impacts originating from land burial of cattle carcasses. *The Science of the Total Environment*, 456-457, 246-253. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.083>
4. Zeng-Yei Hseu, & Chen, Z. (2017). Experiences of mass pig carcass disposal related to groundwater quality monitoring in Taiwan. *Sustainability*, 9(1), 46. <http://dx.doi.org/10.3390/su9010046>
5. Chowdhury, S., Kim, G.H., Bolan, N., Longhurst, P. A critical review on risk evaluation and hazardous management in carcass burial. *Process Safety and Environmental Protection* 123(2019), 272-288. <http://doi.org/10.1016/j.psep.2019.01.019>
6. Hyun-su Kim, Kangjoo Kim. Microbial and chemical contamination of groundwater around livestock mortality burial sites in Korea — a review. *Geosciences Journal* December 2012, Volume 16, Issue 4, pp 479–489.
7. Hayama, Y., Kimura, Y., Yamamoto, T., Kobayashi, S., & Tsutsui, T. (2015). Potential risk associated with animal culling and disposal during the foot-and-mouth disease epidemic in Japan in 2010. *Research in Veterinary Science*, 102, 228-230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.08.017>
8. PIANO NAZIONALE PER LE EMERGENZE DI TIPO EPIDEMICO ITALIAN VETERINARY CONTINGENCY PLAN 'ITAVETPLAN'. Versione 1.0 – 2014. MINISTERO DELLA SALUTE. Direzione della Sanità Animale e dei Farmaci Veterinari Ufficio III – Direzione Operativa Centro Nazionale di lotta ed emergenza contro le malattie animali
9. Custodio, E. *Teoria elementare di fluodinamica in mezzi porosi*. In: Idrologia sotterranea, a cura di: Custodio E., Llamas M.R. Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2005. pp 429-586 - ISBN 88-7758-623-0
10. Glanville, T.D., Ahn, H.K., Richard, T.L., Shiers, L.E., & Harmon, J.D. (2009). Soil contamination caused by emergency bio-reduction of catastrophic livestock mortalities. *Water, Air and Soil Pollution*, 198(1-4), 285-295. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-008-9845-2>
11. Gwyther, C.L., Williams, A.P., Golyshin, P.N., Edwards-Jones, G., & Jones, D.L. (2011). The environmental and biosecurity characteristics of livestock carcass disposal methods: A review. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 31(4), 767-778. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.12.005>
12. Sánchez, M., González, J.L., Gutiérrez, M.A.D., Guimaraes, A. C., & Gracia, L.M.N. (2008). Treatment of animal carcasses in poultry farms using sealed ditches. *Bioresource Technology*, 99(15), 7369-7376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.042>
13. Regulation (EC) No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption.

14. Baba, I.A., Bandy, M.T., Khan, A.A., Khan, H.M., Nighat, N. Traditional methods of carcass disposal: a review. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research* <http://doi.org/10.15406/jdvar.2017.05.00128>
15. NABC (2004) Carcass Disposal: a Comprehensive Review. Report Written for the USDA Animal and Plant Health Inspection Service, National Agricultural Biosecurity Centre, Kansas State University, USA.
16. Gale, P. (2002). Risk assessment: use of composting and biogas treatment to dispose of catering waste containing meat: Final report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs.
17. Freedman R, Fleming R. Water quality impacts of burying livestock mortalities. Livestock Mortality Recycling Project Steering Committee, Ridgetown, ON, Canada (2003). 24 pp
18. Kaown, D., Kim, H., Moon, H.S., Ko, K.S., Lee, K.K. Hydrogeochemical and microbial characteristics in aquifers contaminated with leachate from animal carcass disposal sites *Environmental Earth Sciences*, 73 (2015), pp. 4647-4657.
19. Castrucci, G. Infezioni da virus degli animali domestici. Orthomyxoviridae Paramyxoviridae. Editrice Esculapio, Bologna, 2005. pp 30-2. ISBN 8874881800
20. Farina, R., Scatozza, F. Trattato di malattie infettive degli animali. Torino, UTET, 1998. pp 686-8. EAN: 9788802053158
21. Carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi. Piano di Tutela delle Acque della Regione Lazio (2012). Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi. Elaborati cartografici A cura di: Di Loreto, E., Liperi, L., Meloni, F., Tonelli, V., Zizzari, P., Toccaceli, M., Gerardi, A., Gallozzi, P., Sattalini, O., Sericola, A., Catalano, G. Available on: <https://va.minambiente.it/it-IT/DatiEStrumenti/MetadatoRisorsa/e771137e-84f3-437e-a4f8-13487fbf17ba>

Relazione a cura di:

Sabrina Battisti - UOC Osservatorio Epidemiologico IZSLT