

La localizzazione del Deposito Nazionale e Parco Tecnologico

SEMINARIO NAZIONALE

IL CONTRIBUTO DI

Sindaco Comune di Mazzé

Marco Formia



COMUNE DI MAZZE'
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

Spett.le Sogin Spa

OGGETTO: Integrazione alle Osservazioni presentate in data 4-5 luglio 2021

Premessa

Il Comune di Mazzè integra, con il presente atto, le osservazioni in oggetto, essendo finalmente pervenuto in possesso della documentazione più volte richiesta prima dai consulenti (Prof. Borgogno Mondino, Dr. Borgia), poi dal Comune che, ahimè, si è dovuto rivolgere al TAR Piemonte, consistente nelle cartografie vettoriali (*shapefiles*) corrispondenti alle risultanze cartografiche relative all'applicazione del CE12 contenute nei vs. documenti Sogin DN GS 00056, DN GS 00102, DNGS 00198 e DN GS 00227.

Rimandando a quanto a suo tempo scritto in quelle osservazioni, preme sottolineare che la presente integrazione, pur nella sua evidenza conclusiva, affronta ed approfondisce solo una delle criticità già riscontrate e discusse, e cioè quella connessa all'applicazione del Criterio Escludente 12 (di seguito, anche solo CE12).

Il Sindaco del Comune di Mazzè
Marco Formia





COMUNE DI MAZZE'
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

Integrazione alle osservazioni relative all'applicazione del criterio di esclusione CE12 – adeguata distanza dai centri abitati da parte di Sogin

Nelle osservazioni già inviate da questo Comune relativamente all'applicazione del criterio CE12 veniva già riportata la cartografia per la mappatura degli urbanismi locali (analisi di 2° livello) relative alle città con più di 20.000 abitanti (nel caso specifico, la città di Chivasso). In assenza della base cartografica prodotta da Sogin la carta relativa al 2° livello di analisi veniva prodotta in modo autonomo dal Prof. Ing. Borgogno Mondino interpretando la procedura indicata nei documenti Sogin DNGS00198 e DNGS00227. Secondo tale analisi l'area TO-10 (figura 1) risulta in gran parte coinvolta nelle dinamiche urbanistiche attivate dalla città di Chivasso determinandone di fatto la **NON IDONEITÀ**, già a questo livello di analisi, al ruolo che Sogin intenderebbe assegnargli (Figura 1).

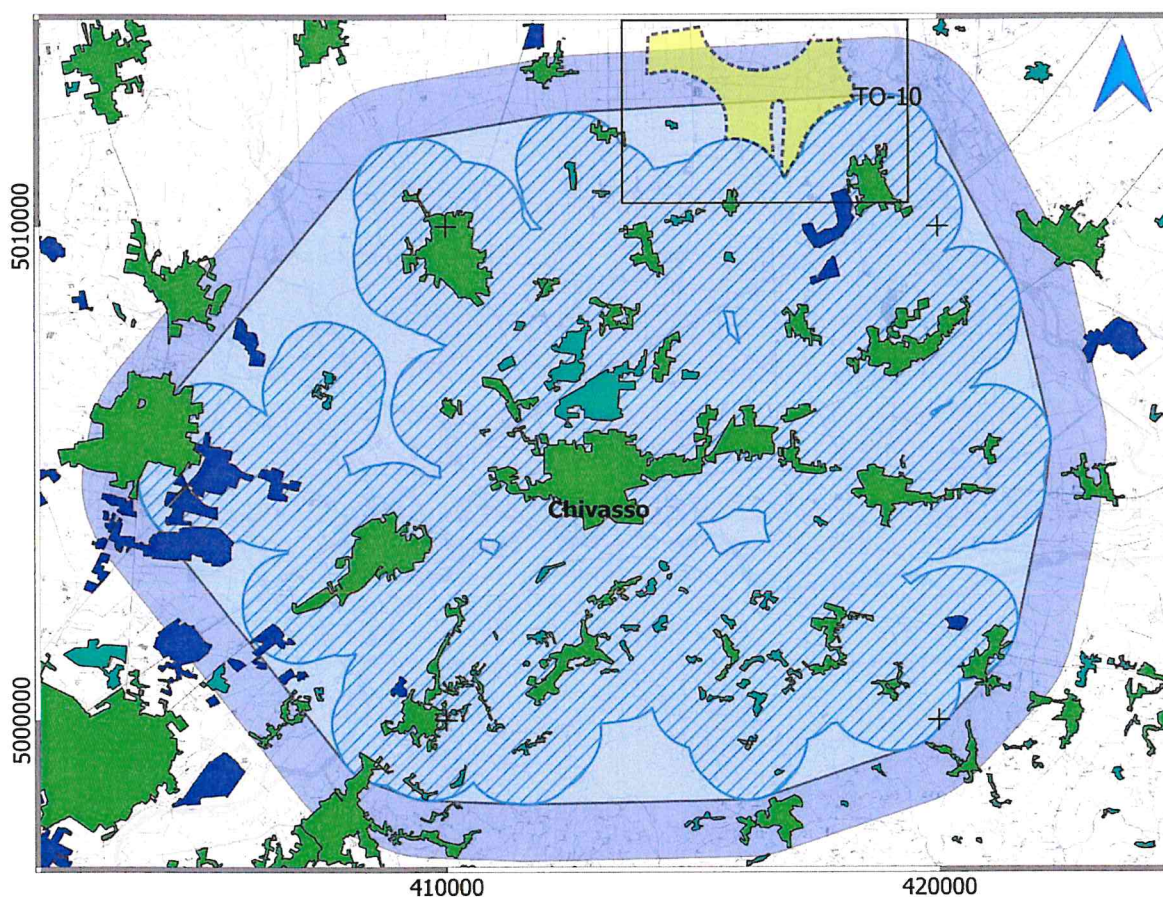


Figura 1. Buffer dell'urbanismo locale di Chivasso (centro con più di 20000 abitanti). Il poligono convesso (convex-hull) più chiaro perimetra i centri abitati, comprensivi dei loro buffer di I livello (1 km, campitura rigata) compresi in un raggio di 5 km dalla perimetrazione di Chivasso. Il buffer di I livello di Chivasso, calcolato secondo metodologia indicata in DNGS00198 e DNGS00227, risulta "annegato" nel poligono risultante dalla dissoluzione dei buffer di I livello. La fascia più scura è stata calcolata con la metodologia proposta in DNGS00198 per il II livello con riferimento al poligono convesso più chiaro.



COMUNE DI MAZZE'
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

Già nel quadro di sintesi delle osservazioni trasmesse da questo Comune tra il 4 e 5 luglio 2021 si lamentava come:

a) l'applicazione dell'analisi di 2° livello sopraccitata, in conseguenza ad una non puntuale e non univocamente interpretabile descrizione della procedura operativa data in DNGS00198, aveva costretto a delle assunzioni che cercassero di conciliare le molteplici definizioni date nello stesso documento. In tal senso si ravvisava una mancata trasparenza descrittiva che rendeva di fatto impossibile una esatta replicazione univoca della procedura;

b) lo stesso tipo di criticità (la descrizione procedurale introduceva ulteriori elementi di soggettività interpretativa) non consentiva di applicare il 3° livello di analisi e cioè quello relativo alle grandi aree metropolitane (nominalmente “della Zona Urbana Vasta e delle Zone Metropolitane”) che, nel caso specifico, avrebbe coinvolto la Città Metropolitana di Torino. L'analisi comparativa effettuata dagli scriventi in relazione alle cartografie di esempio riportate da Sogin in DNGS00227 (cfr. p. 32-33) relativamente all'area metropolitana di Roma, suggeriva che l'estensione dell'area metropolitana torinese potesse includere il sito TO-10 **escludendolo di fatto totalmente e definitivamente dalla CNAPI**. La convinzione che l'accesso alle corrispondenti cartografie fosse non solo necessario, ma probabilmente risolutivo induceva dunque a richiedere con forza il rilascio di tali dati da parte di Sogin.

Le cartografie vettoriali (*shapefile*) prodotte da Sogin a mappatura dei “buffer” di esclusione collegati al terzo livello di analisi relativo alle aree metropolitane, come ipotizzato, evidenziano senza alcun dubbio **che l'area TO-10 risulta totalmente inclusa nel buffer relativo alla zona metropolitana della città di Torino (Figura 2), determinandone la conseguente esclusione dalla CNAPI**.

Questo Comune ritiene pertanto che l'area TO-10 debba immediatamente essere esclusa dalla CNAPI e da qualunque successiva riconsiderazione futura, inclusa la CNAI.

Si rammenta che la prosecuzione di un'istruttoria indebita, inutile e costosa comporterebbe indubbiamente la sussistenza di una ipotesi di danno erariale.

Preme inoltre sottolineare come l'esistenza di tali risultati di analisi e la collegata reticenza di Sogin nel fornirli al pubblico, evidenzia l'assenza della auspicata trasparenza procedurale più volte richiamata da Sogin nelle sue molteplici azioni comunicative, alle quali si riconosce unicamente il ruolo di pubblicizzazione dell'opera, piuttosto che di un costruttivo confronto che sarebbe opportuno aspettarsi da soggetti istituzionali (o collegati alle istituzioni) quale Sogin dovrebbe essere.

E' altresì curioso che nelle note di diniego di accesso agli atti inviate ai nostri consulenti, Prof. Ing. Borgogno Mondino e Dr. Borgia, Sogin, nonostante tali evidenze da essa stessa rilevate, rimarchi che la metodologia utilizzata per la redazione della CNAPI costituisca “un approccio (pertanto) più conservativo” rispetto a quello che ha prodotto i risultati mappati nelle cartografie fornite in questa fase. **I fatti dimostrano con evidenza che per il caso specifico dell'area TO-10 ciò non sia vero, anzi tale approccio penalizza la sicurezza dell'area e non risulta né conservativo né cautelativo.**



COMUNE DI MAZZE'
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

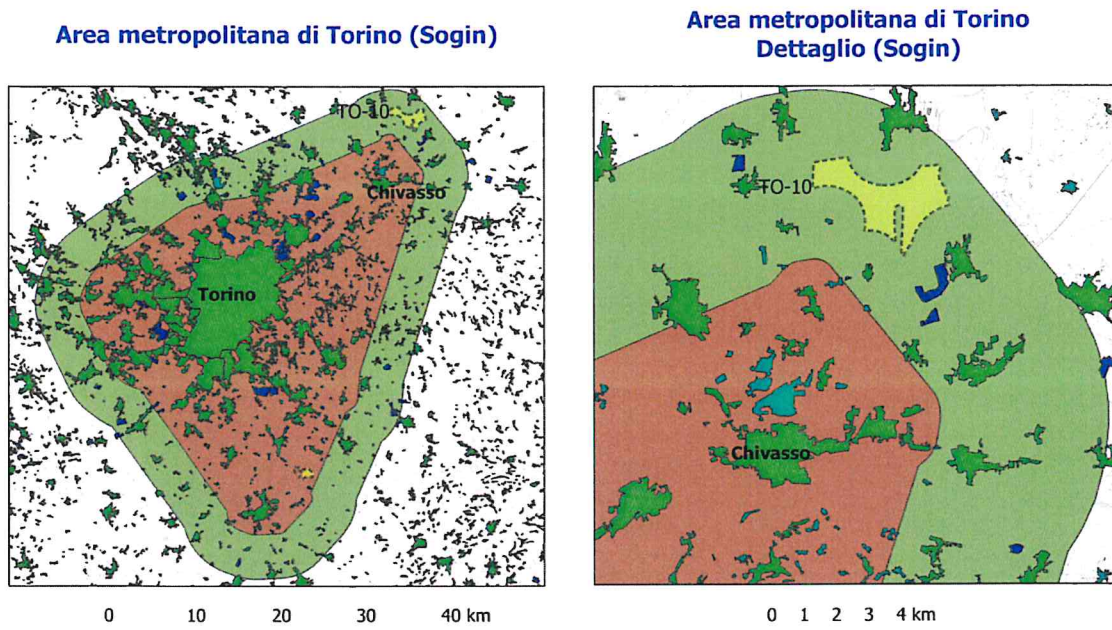


Figura 1. In marrone: area metropolitana della città di Torino come riportata nella corrispondente cartografia prodotta da Sogin (06-AREE_METROPOLITANE.shp). Essa costituisce la base geometrica su cui Sogin ha definito il buffer di salvaguardia (in verde) mappato sulla corrispondente cartografia (07-BUFFER-AREE_METROPOLITANE.shp) fornita al Comune di Mazze in seguito di ricorso al TAR. Si evidenzia che, anche secondo Sogin (cfr. documenti DNGS00198 e DNGS00227, esplicitamente indicati come riferimento procedurale in DNGS00056 e DNGS00102), il sito TO-10 risulta completamente incluso nella zona di interferenza con l'area metropolitana della città di Torino.

In ultimo, si dovrebbe ricordare che già nel 2003 lo studio dell'ENEA “**Sistema Informativo Geografico per il sito del Deposito Nazionale dei Materiali Radioattivi**” (Allegato 6, figura 5 pagina 18) **che, già allora contemplava i tre livelli di analisi [fascia di sicurezza “buffer” dai nuclei abitati, fascia di sicurezza “buffer” dell’urbanismo locale, fascia di sicurezza Zona Urbana Vasta e delle Zone Metropolitane], ed aveva escluso definitivamente l’area CNAPI TO-10 dai potenziali siti per la realizzazione di tale Deposito (cfr. Allegato ENEA studio-deposito-nazionale-2003).**

Mazze, 28 settembre 2021

Prof. Ing. F. [redacted]

Dott. [redacted]



Sistema Informativo Geografico per il sito del Deposito Nazionale dei Materiali Radioattivi

Giancarlo Ventura

GSP3 - SITO

Gennaio 2003

INDICE

1. SOMMARIO	3
2. INTRODUZIONE	4
3. PIANIFICAZIONE CONCETTUALE E PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DEL TERRITORIO	6
3.1. Criteri di esclusione	6
3.2. Procedura operativa per la identificazione dei siti	8
4. ANALISI DEL TERRITORIO A SCALA NAZIONALE	9
4.1. Dati delle analisi gis di primo livello	9
4.2. Risultati delle analisi GIS di primo livello	10
4.3. Dati delle analisi gis di secondo livello	11
4.4. Risultati delle analisi GIS di secondo livello	16
5. ANALISI DEL TERRITORIO A SCALA REGIONALE E LOCALE	18
5.1. Analisi GIS di terzo livello e integrazione dei dati a scala locale	19
6. CLASSIFICAZIONE E VAGLIO DELLE AREE NON ESCLUSE	22
6.1. Tecniche e procedure di valutazione	23
6.2. Identificazione dei siti proponibili	25
7. CONCLUSIONI	26

1. SOMMARIO

Su indicazioni della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, L'ENEA istituisce nel 1996 una Task Force con il compito di sviluppare una metodologia per la ricerca e la qualificazione delle aree idonee alla localizzazione di un deposito nazionale per i rifiuti radioattivi (bassa attività) di tipo superficiale ovvero realizzato con strutture in calcestruzzo parzialmente interrato.

Nel triennio 1998-2000 si completa una prima fase del lavoro. E' realizzato un sistema informativo territoriale a scala nazionale che, seguendo criteri d'esclusione, ha permesso di restringere il campo d'indagine per la individuazione delle aree. In linea generale essi tengono conto di quanto raccomandato dal documento "Siting of near-surface disposal facilities" (Safety Series No. 111-G-3.1 del 1994) della IAEA e dalla Guida Tecnica 26 dell'ENEA-DISP (1985).

L'applicazione dei criteri d'esclusione ha portato all'individuazione di 8107 aree, di cui poco più di 200 (0.6 % del territorio nazionale) con estensione maggiore di 300 ettari. Quest'ultime, sono di dimensioni adeguate ad ospitare un sito di deposito.

Nel 2002 è terminata, sulle aree con superficie maggiore di 300 ettari, la verifica della presenza o meno d'insediamenti e infrastrutture nonché dei requisiti d'idoneità geomorfologici. Tale indagine ha portato alla individuazione di circa 30 aree con caratteristiche fisiche e territoriali molto favorevoli.

Il presente documento descrive le finalità e il contesto delle attività indicate e illustra le procedure adottate, i dati utilizzati e i risultati ottenuti.

Nel capitolo d'introduzione si riportano i riferimenti normativi che indicano i requisiti di sito e forniscono suggerimenti sulle modalità d'indagine per la identificazione delle aree idonee alla localizzazione dell'impianto.

I criteri d'indagine e la procedura operativa adottata sono illustrati nel terzo capitolo.

Il quarto capitolo descrive le analisi territoriali condotte a livello nazionale che, attraverso l'applicazione dei criteri d'esclusione, hanno permesso di ridurre l'estensione dell'indagine allo 0.6 % del territorio nazionale ripartito in circa 200 aree.

Il quinto capitolo illustra l'attività svolta sulle singole aree non oggetto di esclusione, per verificare la sussistenza dei requisiti di idoneità di sito e per escludere le aree con caratteristiche sfavorevoli osservabili solo con rilevamenti di campo. Quale risultato è stata ottenuta l'identificazione di circa 30 aree con caratteristiche favorevoli in termini di requisiti di idoneità.

Nel sesto capitolo sono descritte le attività finalizzate alla individuazione delle tecniche e delle procedure di valutazione delle aree identificate per la loro classificazione rispetto all'andamento della probabilità di possedere buoni requisiti di idoneità. Tale idoneità si riferisce alla capacità del sito di mantenere costante nel tempo la funzione di barriera naturale alla migrazione dei radionuclidi verso la biosfera.

I risultati ottenuti concludono le attività di identificazione di una serie di aree proponibili per un impianto di tipo superficiale per il deposito definitivo dei rifiuti radioattivi nazionali di seconda categoria. Queste costituiscono possibili localizzazioni del deposito e potranno essere valutate dal soggetto istituzionale che sarà indicato dalla normativa per la scelta di uno o più siti da sottoporre alla verifica finale dell'idoneità. A tale proposito e nell'eventualità di ridurre ancora il numero delle aree da utilizzare nella fase di selezione

del sito definitivo, possono essere utilizzati i risultati delle specifiche analisi di comparazione delle che sono attualmente in corso.

Ma il deposito può anche essere di tipo “sub-superficiale”. Si tratta di un impianto equivalente al precedente per finalità, ma che può essere realizzato con gallerie scavate all'interno di rilievi, lasciando sostanzialmente inalterato il territorio sovrastante. La procedura per l'identificazione dei siti per l'opzione sub-superficiale è stata appena avviata ed è stata impostata in analogia al percorso già sperimentato per l'opzione di deposito superficiale. Per l'opzione sub-superficiale, l'attività di progettazione delle opere è iniziata nel corso del 2001 e attualmente, sulla base di un primo schema d'impianto, sono state avviate le analisi territoriali per la identificazione delle aree adatte alla sua localizzazione. Alcune delle aree individuate come favorevoli per il deposito superficiale possiedono anche i requisiti per ospitare il deposito in sotterraneo.

2. INTRODUZIONE

Nell'ordinamento giuridico italiano non è ancora presente una legge che fissa le procedure e le competenze per la selezione dei siti. Ci si può riferire alla Guida Tecnica n° 26 dell'ENEA-Disp (oggi APAT) che indica le caratteristiche generali di un sito di smaltimento sulla terraferma di rifiuti radioattivi di bassa attività¹.

Si può osservare che le indicazioni della GT 26 vengono date per verificare l'idoneità di un sito ma non vengono fornite indicazioni sulle azioni specifiche da svolgere per selezionare i siti partendo da un territorio molto vasto. A tale proposito alcune indicazioni vengono fornite dall'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA) nel documento “Siting of near-surface disposal facilities” (Safety Series No. 111-G-3.1, 1994)².

¹ La GT 26 indica che:

- “ Le caratteristiche idrogeologiche del sito devono essere tali da minimizzare la possibilità di lisciviazione dei rifiuti da parte della acque sotterranee e del ritorno delle acque eventualmente contaminate in superficie o comunque nella biosfera.
- Le caratteristiche climatiche, geografiche e geomorfologiche del sito devono essere tali da escludere significativi processi di erosione, specie ad opera di acque meteoriche e superficiali. Si devono anche escludere possibilità di dissesti (frane) ed inondazioni.
- Devono essere escluse le aree dove sono in atto significativi processi tettonici, sismici o vulcanici che possano compromettere il confinamento dei rifiuti.
- Le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito di smaltimento devono essere omogenee e tali da rendere rappresentative le osservazioni ed analisi svolte su di esso.
- Nella scelta del sito devono essere presi in considerazione gli usi del territorio, la presenza di attività pericolose, la presenza di opere suscettibili di modificare, a seguito di incidenti, le caratteristiche del sito stesso.”

² La IAEA indica una procedura articolata in tre fasi:

Fase di pianificazione concettuale. Obiettivo di questa fase è la pianificazione del processo di selezione del sito e l'identificazione, mediante dati già disponibili, delle tipologie di ambiente geo-morfologico e di contesto territoriale nelle quali condurre la ricerca dei siti. In questa fase iniziale del processo di pianificazione è raccomandabile la identificazione dei fattori ambientali e territoriali che comportano l'esclusione di un'area. Tale approccio agevola la delimitazione del campo d'indagine alle aree che hanno buone probabilità di possedere i requisiti richiesti

Facendo riferimento alla GT 26 e alle indicazioni IAEA, l'ENEA, per dare seguito alle indicazioni della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, ha avviato la identificazione delle aree sul territorio italiano potenzialmente idonee per la realizzazione del deposito nazionale dei materiali radioattivi.

La tipologia di impianto di deposito che è stata presa a riferimento per la ricerca delle aree è di una "struttura" costituita da celle in calcestruzzo nelle quali vengono messi a dimora i rifiuti condizionati per lo smaltimento [[esempio spagnolo](#) e [francese](#)].

Lo schema di progetto del deposito prevede la collocazione dei rifiuti in 180 celle che occupano una superficie nell'ordine di 25 ha. L'insieme delle infrastrutture e degli impianti che devono essere presenti sul sito nella sua fase di esercizio richiedono un'area complessiva di circa 230 ha.

La procedura adottata per la ricerca delle aree è basata sull'applicazione di una serie dei criteri di esclusione individuati rispetto al dettaglio dei dati disponibili alla scala dell'indagine nazionale.

Questa attività è stata basata su tecniche [GIS](#) (Sistema Informativo Geografico) che agevolano l'analisi contestuale dei fattori e dei requisiti territoriali (superficie topografica, idrogeologia, vie di comunicazione, reticolo idrografico, distribuzione della popolazione, attività socioeconomiche, idrogeologia regionale, uso del suolo, sismicità, climatologia, ecc.).

E' stata inoltre presa in considerazione l'opzione di deposito di tipo "sub-superficiale"; definizione che identifica un impianto realizzato con gallerie scavate a debole profondità all'interno di rilievi. Questa soluzione renderebbe minimo l'impatto sul paesaggio e comporta vincoli meno onerosi sull'uso del suolo [[esempio svizzero](#)].

I depositi in sotterraneo, se realizzati in formazioni argillose o in formazioni idrologicamente isolate da rocce argillose, offrono il vantaggio dell'isolamento idrologico e quello di una efficiente capacità di barriera geochimica nei riguardi di radionuclidi.

La procedura per la ricerca dei siti adatti a questa opzione è in corso di perfezionamento e seguendo le indicazioni IAEA (v. nota 2) fornirà i primi risultati significativi alla fine dell'anno in corso.

dalla normativa, accelera decisamente il processo di selezione del sito e minimizza le risorse per lo sviluppo delle fasi successive.

Fase di valutazione delle aree. Scopo di questa fase è l'identificazione di aree all'interno delle quali possono esistere siti adatti. Un tipico approccio graduale inizia con la definizione delle zone su cui effettuare le ricerche, ad esempio il territorio amministrativo di uno Stato o di una Regione. Nell'ambito del territorio in esame, con indagini di dettaglio crescente, si individuano i siti con caratteristiche favorevoli. Questo processo porterà, infine, alla selezione una rosa di siti possibili. Su tali siti è opportuno eseguire un generico e preliminare studio di sicurezza allo scopo di identificare i fattori che richiedono indagini di maggiore dettaglio per la verifica della conformità dell'area o del sito ai requisiti stabiliti dall'ente regolatore.

Fase di screening delle aree potenzialmente idonee. Scopo di quest'ultima fase è l'identificazione dei siti adatti. Lo *screening* o vaglio delle aree può comportare l'esecuzione di indagini a scala locale per valutare nel dettaglio necessario tutti i fattori attinenti alla sicurezza. In questa fase vanno inoltre individuati i locali vincoli normativi attinenti alla realizzazione dell'opera.

3. PIANIFICAZIONE CONCETTUALE E PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DEL TERRITORIO

Come accennato in precedenza, la Safety Series n. 111-G-3.1 della IAEA permette di impostare un programma di indagine su vasta scala.

Pertanto, tenendo presenti le indicazioni della IAEA e i requisiti del sito indicati della Guida Tecnica n° 26 dell'Enea-Disp, si è proceduto ad impostare una procedura operativa di analisi territoriale basata su tecniche di elaborazione di dati e di cartografia digitale, strutturata in tre fasi temporali.

Tale procedura è sostanzialmente basata sull'applicazione di criteri di esclusione, via via più restrittivi e dettagliati per eliminare le parti del territorio che oggettivamente possono essere escluse a priori. Tale procedura non prevede, rispetto alle fasi indicate nella SS 111-G-3.1, la fase finale di selezione dei siti possibili. Questo compito richiede un mandato specifico con forza di legge.

Le fasi della procedura adottata dall'ENEA sono così individuate:

1. Analisi a scala nazionale;
2. Identificazione delle aree favorevoli;
3. Identificazione dei siti potenzialmente idonei.

Nella prima fase si è proceduto all'applicazione di una serie di criteri di esclusione (utilizzando un sistema informativo territoriale) per escludere le parti di territorio meno favorevoli (ad esempio aree urbanizzate, vincolate, ecc.) e definiti considerando i dati e la cartografia disponibili sul territorio nazionale.

Nella seconda fase, per le zone non escluse, si aumenta il dettaglio delle informazioni e si applicano criteri di esclusione più restrittivi per effettuare un'ulteriore riduzione del territorio da indagare.

Nella terza fase, utilizzando dati a scala locale e osservazioni dirette in campo, sono stati verificati i criteri di esclusione applicati in automatico e sono stati analizzate le condizioni antropiche e infrastrutturali delle aree non oggetto di esclusione. Il risultato è consistito nella selezione di siti che hanno buone probabilità di risultare idonei nel caso dovesse essere applicata l'analisi di sicurezza.

3.1. CRITERI DI ESCLUSIONE

La utilizzazione di criteri di esclusione per la scrematura di un territorio vasto è un passo di fatto obbligato dato che la raccolta della quantità e specificità dei dati necessari per valutare l'idoneità di un sito (come previsto dalla normativa) può essere effettuata solo a valle di indagini onerose e appositamente condotte a scala locale.

Ciò equivale a dire che in Italia, né a scala nazionale né a scala regionale, è possibile arrivare alla individuazione sistematica e diretta di tutti i siti idonei solo sulla base delle già disponibili conoscenze scientifiche e delle banche dati a diverso titolo gestite dagli enti territoriali, di ricerca e/o commerciali.

I criteri di esclusione possono essere utilizzati come un filtro che, applicato a dati o cartografia tematica anche non direttamente attinenti all'argomento, permette di escludere il territorio che manifesta caratteristiche sfavorevoli rispetto ad uno o più requisiti di idoneità. Ad esempio, rispetto al requisito che il sito non deve essere soggetto ad alluvionamento, escludendo le zone dove sono presenti sedimenti alluvionali recenti ci si avvicina molto alla esclusione delle aree che possono essere soggette ad inondazione. Ciò

in alternativa al fatto che la mappatura delle aree a rischio di inondazione è disponibile solo su alcune porzioni del territorio nazionale.

La selezione dei siti potenzialmente idonei potrà quindi essere effettuata tramite l'azione congiunta della applicazione di criteri di esclusione e il riconoscimento, di un certo numero e a un certo grado di dettaglio, dei requisiti di idoneità.

E' comunque opportuno precisare che molti criteri di esclusione e requisiti di idoneità sono dipendenti dalla tipologia e dalle caratteristiche dell'impianto oltre che dall'inventario radiologico dei rifiuti e dalle norme che, a scala locale, regolano l'uso del territorio.

Questa procedura può essere applicata anche alla ricerca delle aree per l'opzione di deposito di tipo sub-superficiale ma sia i criteri di esclusione che i requisiti di idoneità valutabili dai dati già disponibili devono essere codificati e individuati tenendo presente la diversa tipologia di opera ingegneristica e le conseguenti diverse correlazioni tra i dati territoriali utilizzabili e i requisiti di idoneità dei siti indicati dalla normativa.

Nella tabella 1 che segue sono riportati i criteri di esclusione adottati per l'opzione del deposito in superficie e la relativa motivazione.

Tab. 1 – Criteri di esclusione adottati per le analisi a scala nazionale (opzione deposito in superficie).

Criteri di esclusione	Motivazione
Sono da escludere:	
1. Isole	Scelta di progetto per agevolare il trasporto dai centri di produzione dei rifiuti al sito.
2. Aree entro 50 km dai confini nazionali continentali	Scelta di progetto per evitare i possibili contenziosi con i Paesi confinanti.
3. Aree entro: - 15 km da centri abitati con più di 100.000 abitanti - 10 km da centri tra 20.000 e 100.000 abitanti - 5 km da centri tra 20.000 e 10.000 abit. - 3 km da centri tra 10.000 e 1.000 abit. - 2 km da centri tra 200 e 1.000 abitanti	Scelta di progetto per evitare la selezione di aree in prossimità di centri abitati al fine di minimizzare la possibilità di vincolare le aree di possibile espansione dei centri abitati stessi
4. Aree entro: - 2 km da autostrade e superstrade - 1 km da strade statali - 1 km dalle ferrovie	Scelta di progetto per evitare di imporre vincoli restrittivi alle vie di comunicazione e per salvaguardare l'eventuale sito dal risentimento degli effetti di possibili gravi incidenti sulle stesse vie.
5. Aree protette, parchi e riserve naturali	Destinazione d'uso del suolo già attribuita per finalità di conservazione dello stato dei luoghi.
6. Zone prossime ai corsi d'acqua	Vincolo di inedificabilità
7. Aree di affioramento di formazioni rocciose fratturate o solubili o sedimenti alluvionali recenti ed attuali	Le formazioni indicate sono sfavorevoli rispettivamente: - alla possibilità di individuare con certezza le vie di trasporto nel sottosuolo dei radionuclidi; - alla stabilità geologica del sito; - alla esclusione del rischio di inondazione.
8. Zone con pendenza > 5°	Scelta di progetto per evitare le aree ad orografia articolata che possono complicare la progettazione e far aumentare i costi e che possono essere oggetto di instabilità dei versanti.
9. Zone ad altitudini < 20 m s.l.m. e > 600 m s.l.m.	Scelta di progetto per evitare le aree di possibile insediamento in prossimità della costa e per limitare i problemi di trasporto presenti nelle zone montane.
10. Aree a bosco e le zone umide	Tali aree sono considerate di elevato valore naturalistico e oggetto di tutela.
11. Aree ad elevata sismicità (valore di accelerazione al suolo > 0,3 g per una probabilità di non occorrenza del 90% in 300 anni - tempo medio di ritorno di circa 3000 anni)	Si adotta un valore di soglia in assenza di una dettagliata individuazione e caratterizzazione delle strutture sismogenetiche.

3.2. PROCEDURA OPERATIVA PER LA IDENTIFICAZIONE DEI SITI

La metodologia adottata può essere così riassunta:

1. Definizione e applicazione della serie di criteri di esclusione da applicare tramite un sistema informativo territoriale e coerenti con le informazioni territoriali disponibili su tutto il territorio nazionale (analisi GIS di primo livello).
2. Iterazione della definizione e applicazione di criteri di esclusione su porzioni più ristrette del territorio nazionale a livelli di maggiore dettaglio di scala (analisi GIS di secondo livello).
3. Analisi parametrica dei fattori fisici che determinano l' idoneità e dei fattori che descrivono le condizioni antropiche e infrastrutturali delle aree, utilizzando dati a scala locale e indagini dirette (analisi GIS di terzo livello). In questa fase il numero delle aree viene drasticamente ridotto potendo valutare i requisiti di idoneità che per carenza di dati non erano stati considerati nelle analisi GIS precedenti.
4. Eventuale classificazione e vaglio delle aree potenzialmente idonee applicando una specifica procedura.

Parallelamente allo sviluppo delle attività di indagine territoriale si è proceduto anche alla messa a punto della procedura di *Performance Assessment* per le valutazioni preliminari di sicurezza delle aree idonee e di siti specifici. Ciò è stato necessario per due motivi:

- ?? per la calibrazione dei criteri d' esclusione attraverso l' individuazione dei fattori che per le diverse tipologie di sito maggiormente condizionano la sicurezza dell' impianto;
- ?? per lo sviluppo della procedura di comparazione e vaglio dei siti potenzialmente idonei.

Tale procedura utilizza specifici codici di calcolo che simulano le interazioni deposito-ambiente per valutare la persistenza della efficienza delle barriere alla migrazione dei radionuclidi sia in condizioni di normale evoluzione del sistema deposito-sito che nell' ipotesi di eventi incidentali.

Il Sistema Informativo Territoriale ha contribuito alla costruzione dei modelli per diverse aree campione e ha permesso la sperimentazione della gestione dei territoriali anche per la redazione dell' Analisi Preliminare di Sicurezza delle aree.

4. ANALISI DEL TERRITORIO A SCALA NAZIONALE

Il lavoro delle analisi territoriali automatizzate (in ambiente ARC INFO e ARC View GIS) è stato strutturato su tre livelli di dettaglio per scendere dall' analisi dell' intero territorio nazionale alle indagini su alcune decine di aree. Il grado di dettaglio delle analisi è indicativamente fornito dalla scala della cartografia utilizzata nelle diverse fasi come di seguito indicato:

- 1:250.000 – 1:500.000 al I livello;
- 1:100.000 – 1:250.000 al II livello;
- 1:10.000 – 1:100.000 al III livello.

4.1. DATI DELLE ANALISI GIS DI PRIMO LIVELLO

I dati sono stati reperiti principalmente presso i Servizi Tecnici Nazionali (Servizio Sismico, Servizio Geologico, Servizio Idrografico), con i quali la Task Force dell' ENEA ha stabilito rapporti di collaborazione e l' ANPA (oggi APAT).

In particolare sono stati acquisiti, in formato vettoriale, i seguenti tematismi:

- *Autostrade*: banca dati proveniente originariamente dal Servizio Sismico Nazionale e dall' ANPA. E' stata ottenuta digitalizzando nel 1988 le informazioni contenute nelle

carte IGM in scala 1:250.000. Il dato si riferisce quindi alla data di redazione delle carte IGM. Fornita dal Servizio Sismico Nazionale.

– *Strade*: banca dati proveniente originariamente dal Servizio Sismico Nazionale e dall'ANPA. E' stata ottenuta digitalizzando nel 1988 le informazioni contenute nelle carte IGM in scala 1:250.000. Il dato si riferisce quindi alla data di redazione delle carte IGM.

– *Ferrovie*: banca dati proveniente originariamente dal Servizio Sismico Nazionale e dall'ANPA. E' stata ottenuta digitalizzando nel 1988 le informazioni contenute nelle carte IGM in scala 1:250.000. Il dato si riferisce quindi alla data di redazione delle carte IGM.

– *Geologia*: Carta Geologica d'Italia in scala 1:500.000 redatta originariamente dal Servizio Geologico Nazionale. Fornita dal Servizio Sismico Nazionale.

– *Comuni*: banca dati proveniente dall'ISTAT. Contiene, per l'intero territorio nazionale, i limiti comunali, provinciali e regionali riferiti al 1991, a scala 1:25.000. Fornita dal Servizio Sismico Nazionale.

– *Località abitate*: banca dati proveniente dall'ISTAT. Contiene i centroidi delle località abitate dell'intero territorio nazionale, suddivisi per provincia. Fornita dal Servizio Sismico Nazionale.

– *Uso del suolo*: banca dati proveniente dall'ISTAT. Individua sette classi di uso del suolo (cfr. all. 11b), suddivise per provincia, a scala 1:25.000. Fornita dall'Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale.

– *Zone umide*: banca dati dell'Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale.

– *Aree protette, riserve e parchi naturali*: banca dati dell'Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale. Contiene, suddivise per regioni, le riserve e i parchi dell'intero territorio nazionale.

– *Topografia*: modello digitale del terreno (DEM) con risoluzione 250 m × 250 m proveniente dalla banca dati del Servizio Geologico Nazionale.

Sono inoltre stati acquisiti, presso il Servizio Sismico Nazionale, i seguenti dati, sotto forma di tabelle relazionabili:

– *Popolazione residente nei comuni*: dati ISTAT 91;

– *Sismicità*: base dati proveniente dal lavoro congiunto GNDT-ING SSN "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani" a cura di D. Molin, M. Stucchi; G. Valensise, Marzo 1996. Contiene per ogni comune l'intensità massima osservata espressa in termini di scala Mercalli. E' stato acquisito anche l'indice di sismicità relativo ad ogni comune;

– *Precipitazioni*: dati di modulo pluviometrico annuo provenienti dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), riferiti a 400 stazioni per i trentenni 1921-1950 e 1951-1980.

4.2. RISULTATI DELLE ANALISI GIS DI PRIMO LIVELLO

Le analisi di primo livello hanno permesso di selezionare il 9% del territorio nazionale come potenzialmente idoneo alla localizzazione dell'impianto di deposito e sul quale avviare le analisi di secondo livello per l'applicazione di criteri di esclusione più stringenti.

Sulle aree individuate è stata provata una metodologia di valutazione del grado di idoneità che ha permesso di meglio orientare le analisi delle fasi successive.

A titolo di esempio dei risultati della analisi di I livello si riporta nella seguente Figura 1 la carta ottenuta dall'applicazione dei criteri di esclusione relativi alle isole e alle distanze dai confini e dai centri abitati.



Fig. 1 – Esempio di applicazione di alcuni criteri di esclusione nelle analisi GIS a scala nazionale.

Sulle aree non escluse dai criteri di esclusioni delle analisi GIS di primo livello si è proceduto ad applicare il secondo punto della metodologia di lavoro.

Nelle analisi GIS di secondo livello si è fatto maggiormente uso delle funzioni e delle estensioni del sistema Arc-View creando una specifica sezione del Sistema Informativo Territoriale già strutturato.

4.3. DATI DELLE ANALISI GIS DI SECONDO LIVELLO

Per l'esecuzione delle analisi GIS di secondo livello sono stati integrati, per quanto possibile, i dati di base del Sistema Informativo Territoriale con nuove carte tematiche di maggiore dettaglio. In particolare sono state acquisite:

- carta geologica del Ministero Industria Commercio e Artigianato;
- carta di uso del suolo CORINE
- risorse minerarie
- idrografia
- sezioni e dati di censimento

- carta della scuotibilità
- limiti dei fogli IGM e altri dati di utilità generale.

I dati cartografici sono stati georeferenziati secondo il sistema di proiezione UTM, ellissoide internazionale Ed. 1950, fuso 32.

Di seguito viene fornita una breve descrizione delle diverse categorie di dati, relativamente ai contenuti e alla struttura fisica.

Tema: Geologia

Contiene i dati relativi alla Carta Geologica realizzata nell'ambito del Progetto per l'Informatizzazione dei dati della ricerca mineraria di base del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato. Tale carta è stata ottenuta dalla digitalizzazione e mosaico a livello nazionale dei fogli a scala 1:250.000 già realizzati nell'ambito delle convenzioni programmatiche. Ciascun foglio comprende sei fogli in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia del S.G.N. e appartiene ad una delle 9 zone minerarie in cui è stata suddivisa l'Italia e rispetto alle quali è stata fatta un'operazione di omogeneizzazione delle legende dei singoli fogli del S.G.N. La legenda della carta mosaicata per l'intero territorio nazionale, comprende 1267 voci relative ad altrettante formazioni o unità geologiche, corrispondenti alle voci delle legende delle zone minerarie.

Tema: DTM (carta delle quote medie)

Tema relativo al modello digitale del terreno del Servizio Geologico Nazionale-AGIP; è organizzato in un grid a 250 metri e per ogni cella contiene il valore medio delle quote dell'area rappresentata.

Tema: Acclività

Tema ottenuto dall'elaborazione del DTM e strutturato in un grid a 250 metri il cui valore rappresenta la pendenza media della cella, espressa in gradi

Tema: Aree alluvionabili

Questo tema, organizzato in uno shapefile poligonale, rappresenta le aree con rischio di inondazione; sono state selezionate le aree corrispondenti a sedimenti alluvionali recenti e attuali.

Tema: Uso del suolo CORINE

Questo tema, organizzato in uno shapefile poligonale, rappresenta la copertura e uso del suolo del territorio nazionale a scala 1:100.000, classificati in base ad una legenda a tre livelli e 43 classi.. È stata realizzata mediante l'interpretazione di immagini da satellite.

Il tema delle Zone Umide è stato ottenuto selezionando le classi della serie 500 .

Tema: Idrografia

Tema relativo ai corsi e corpi d'acqua del territorio nazionale dell'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente; sono organizzati rispettivamente in uno shapefile di linee e di poligoni.

Tema: Risorse minerarie

Tema ottenuto dalle informazioni relative al numero di miniere attive, censite dal MICA nell'ambito del progetto di informatizzazione della ricerca mineraria di base.

Tema: Risorse geotermiche

Carta a piccola scala del CNR

Tema: Aree protette

Carta fornita dall'Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente relativa a riserve e parchi nazionali.

Tema: Aree di rispetto

Tema poligonale ottenuto applicando il Decreto Galasso, relativamente a linee di costa, corsi e corpi d'acqua.

Tema: Limiti amministrativi

Tema relativo ai limiti amministrativi comunali e provinciali, in scala 1:25.000, proveniente dal progetto CENSUS; sono organizzati in shapefile di poligoni.

Tema: Limiti provinciali

Tema relativo ai limiti amministrativi provinciali della regione Lombardia; sono organizzati in uno shapefile di poligoni.

Tema: Sezioni di censimento

Tema relativo ai limiti delle sezioni censuarie, in scala 1:25.000, proveniente dal progetto CENSUS; sono organizzati in shapefile di poligoni.

Tema: Fogli IGM

Tema relativo ai limiti dei fogli IGM in scala 1:100.000, 1:50.000 e 1:10.000; sono organizzati in shapefile poligonali.

Tema: Scuotibilità

In termini di applicazione di un criterio di esclusione rispetto al rischio sismico è stata riscontrata una sostanziale inadeguatezza della mappa dell'accelerazione massima risentita nei Comuni utilizzata nelle analisi GIS di primo livello (v. fig. 2). Grandi porzioni del territorio nazionale rimangono escluse per l'assenza di dati nel catalogo dei dati sismici storici e altre parti vengono erroneamente classificate essendo stata attribuita l'accelerazione massima risentita all'intero territorio comunale.

Per gli scopi di questo studio che prevedono una trattazione della sismicità in termini di specifiche di progetto delle opere si è preferito prendere a riferimento la pericolosità sismica calcolata con tecniche probabilistiche rispetto alla distribuzione e alle caratteristiche delle zone sismogenetiche. E' stata quindi acquisita in formato numerico dal Servizio Sismico Nazionale la mappa dell'andamento della PGA su tutto il territorio nazionale ottenuta come segue:

Metodologia: probabilistica con zonazione sismogenetica (approccio alla Cornell)	
Probabilità di non superamento	: 90%
Tempo di osservazione	: 300 anni
Tempo medio di ritorno	: circa 3000 anni
Valori considerato	: valori medi
Suolo di riferimento	: bedrock affiorante

La suddetta elaborazione ha fornito la mappa dell'accelerazione che non contiene gli effetti peggiorativi di amplificazione del moto sismico derivanti da particolari condizioni litologiche e morfologiche locali. Al fine di migliorare l'attendibilità del dato finale è stato considerato, su scala nazionale, l'effetto di amplificazione locale del moto sismico derivante dalla presenza di coperture sedimentarie recenti di spessore dell'ordine delle decine di metri. Ciò è stato fatto moltiplicando il valore originario di PGA (scuotibilità di base) in ogni punto della mappa per un fattore di amplificazione F il cui valore è funzione del tipo litologico presente nel punto. I tipi litologici sono stati rilevati dalla cartografia geologica precedentemente indicata. Nella seguente Figura 3 sono riportati i risultati ottenuti. Nella Figura 4 sono evidenziate le mappe della PGA calcolata con la soglia di probabilità e tempo di osservazione adeguati al progetto.

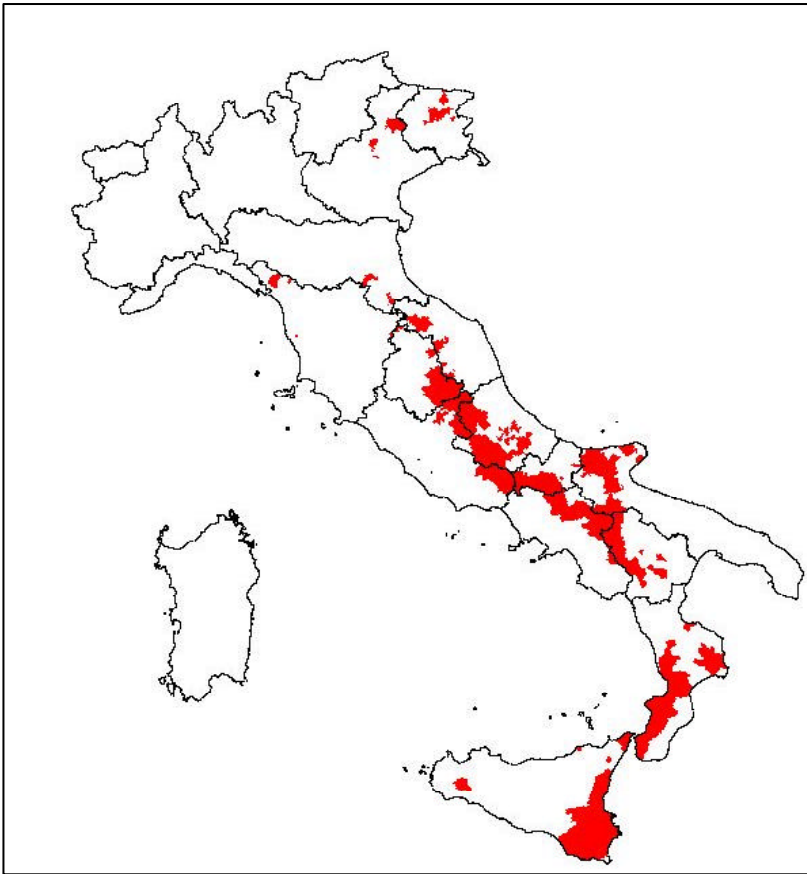
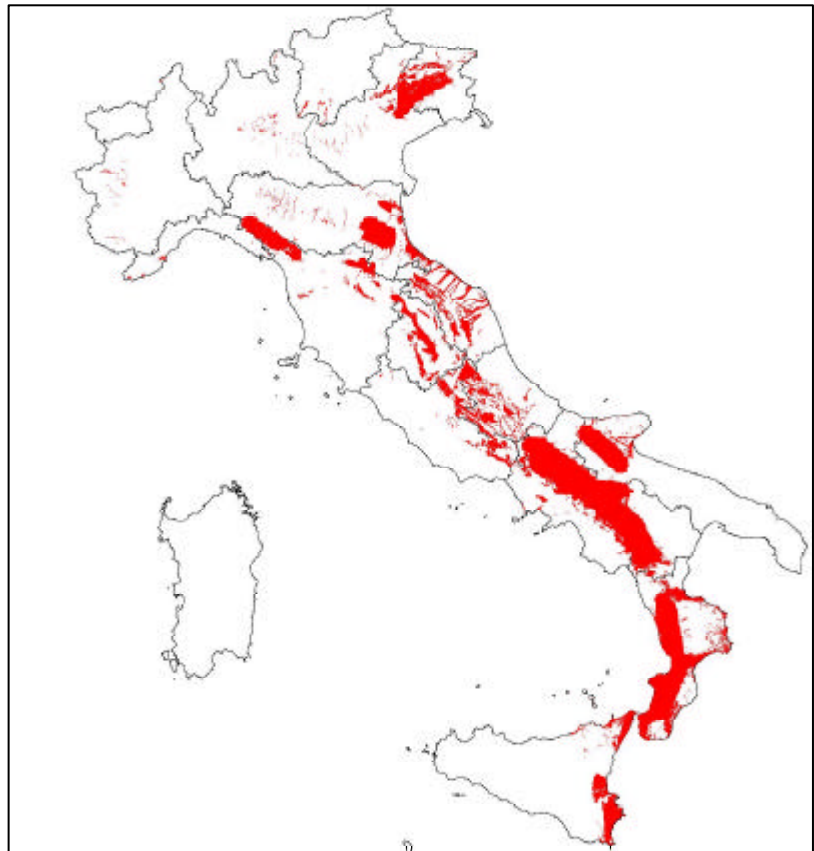


Fig. 2 – Carta delle esclusioni adottata nelle analisi GIS di primo livello ricavata dalla classificazione dei Comuni italiani per intensità macrosismica massima risentita. Sono escluse le aree con intensità massima risentita > X grado MCS

Fig. 3 – Carta delle esclusioni adottata nelle analisi GIS di secondo livello ricavata dalla classificazione del territorio rispetto all'accelerazione di picco massima (PGA) integrata dal calcolo dell'amplificazione locale. Sono ste escluse le aree con PGA amplificata > 0.3 g.



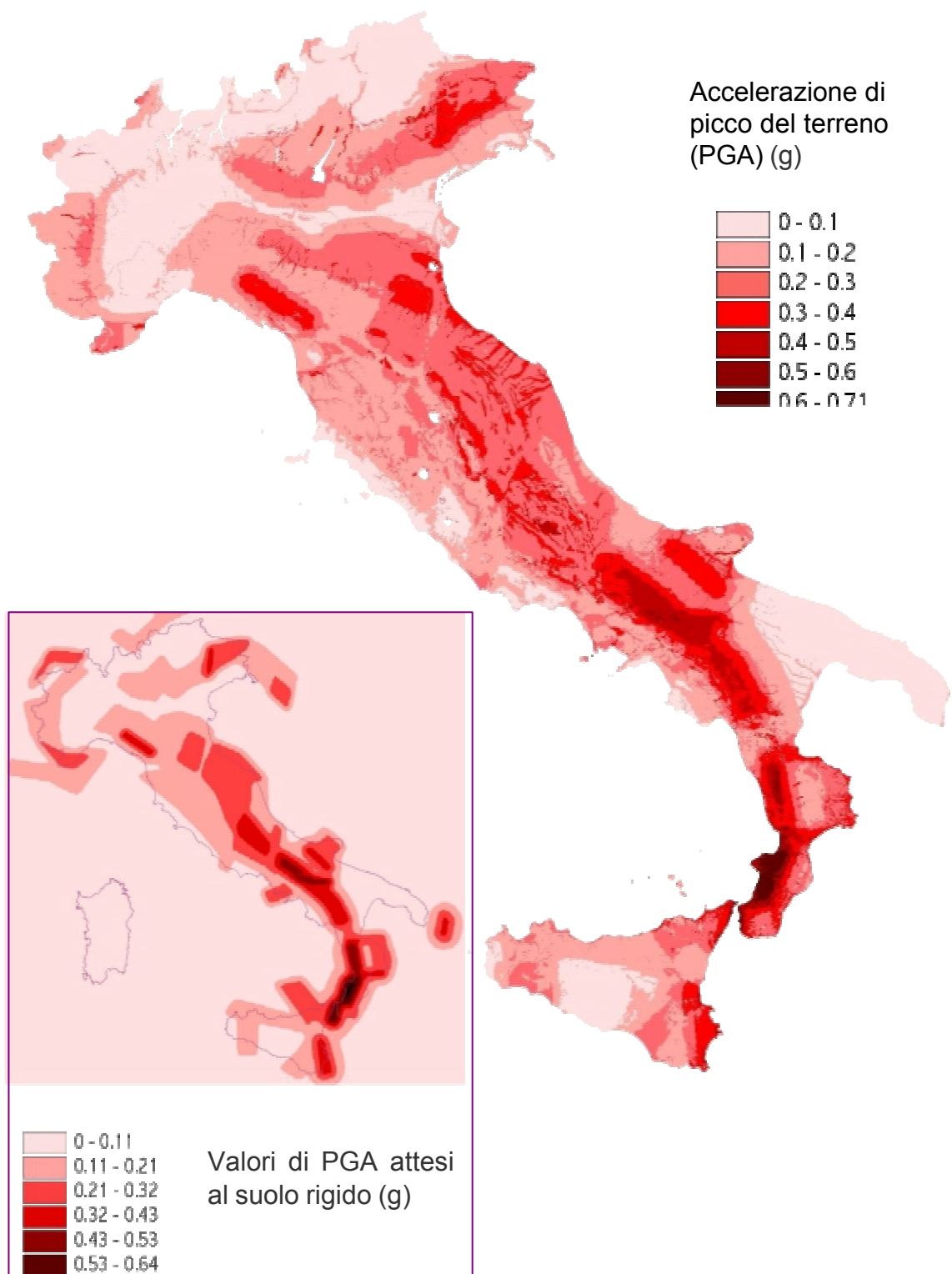


Fig. 4 – Scuotibilità del terreno ottenuta moltiplicando il valore originario di PGA per un fattore di amplificazione F il cui valore è funzione del tipo litologico presente nel punto.

4.4. RISULTATI DELLE ANALISI GIS DI SECONDO LIVELLO

Il risultato ottenuto dalle elaborazioni GIS di 2° livello è rappresentato dalla Carta delle Aree Potenzialmente Idonee ovvero che non sono oggetto di esclusione, riportata in Fig. 3. Queste aree manifestano requisiti fisici e territoriali favorevoli individuati attraverso l'applicazione dei criteri di esclusione esposti in precedenza. La potenziale idoneità risiede quindi nel fatto che su di esse non sono presenti condizioni sfavorevoli rispetto a ciò che è valutabile da analisi a scala regionale.

In Fig. 3 sono riportate tutte le aree potenzialmente idonee. Queste hanno estensioni molto diverse e sono comprese tra 4 e 8700 ha. Il numero totale delle aree individuate sul territorio nazionale è di 8107. Le aree con estensione inferiore a 300 ha non sono state considerate nella fase di analisi finale (GIS 3) in quanto l'ordine di grandezza della superficie che dovrà essere occupata dagli impianti del deposito e dei suoi annessi è nell'ordine di 300 ha.

Il risultato finale delle analisi GIS di secondo livello (GIS) è consistito nella identificazione di 214 aree che superano l'estensione di 300 ettari e interessano complessivamente 330.000 ettari del territorio nazionale.

L'applicazione della procedura GIS di secondo livello ha ristretto di circa 10 volte il territorio nazionale individuato come potenzialmente idoneo nella selezione di primo livello riducendo allo 0,5 % l'estensione del territorio nazionale da valutare nelle analisi GIS di terzo livello.

Le 214 aree selezionate sono state oggetto di verifica e quindi di ulteriore selezione attraverso l'esecuzione delle analisi GIS di terzo livello.

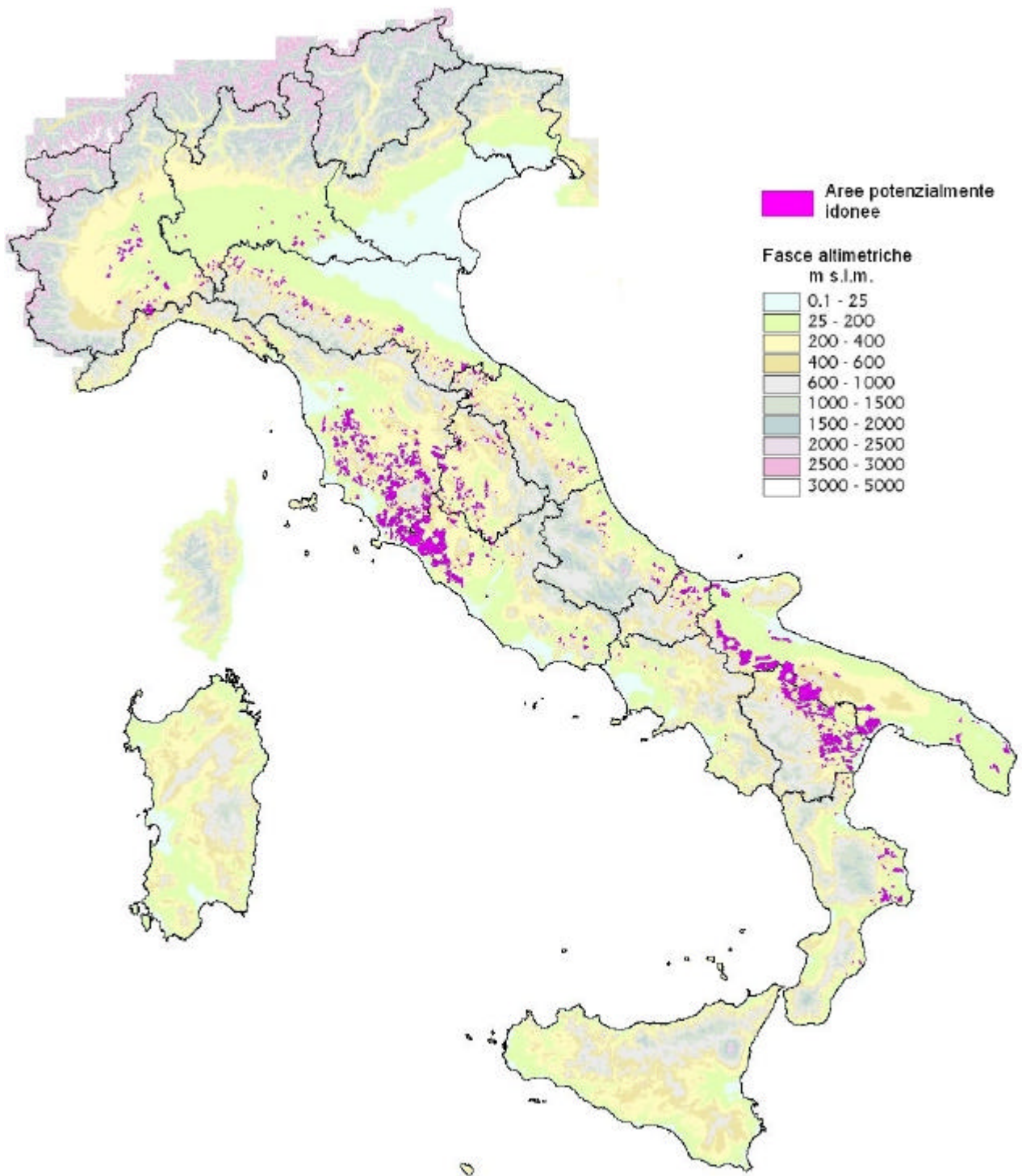


Fig. 3 – Aree non soggette ad esclusione derivate dalla sovrapposizione dei diversi criteri di esclusione.

5. ANALISI DEL TERRITORIO A SCALA REGIONALE E LOCALE

Le aree selezionate con la procedura GIS di secondo livello sono state, come accennato in precedenza, verificate ad un dettaglio sufficiente per attuare la selezione di quelle che esse aree sulle quali concentrare l'attenzione ai fini di una caratterizzazione geo-ambientale dei siti potenziali.

A questo livello di analisi, che indicheremo come analisi GIS di terzo livello, si procede per gradi, utilizzando studi e cartografia a carattere locale, fotografie aeree e Carte Tecniche Regionali.

Questo terzo livello di analisi è stato realizzato nella finalità di:

1. procedere alla verifica sistematica sulle aree già individuate di alcuni requisiti fondamentali di idoneità che non è stato possibile verificare alla scala di analisi del secondo livello. Si è trattato in particolare di effettuare il rilevamento:
 - della presenza nell'area potenzialmente idonea di rilevanti insediamenti, manufatti, opere, infrastrutture, ecc.;
 - delle caratteristiche idrogeologiche dell'area in termini di direttrici di deflusso delle acque sotterranee e di importanza degli acquiferi;
 - degli indizi di dissesto dei versanti.
2. definire e applicare una procedura di valutazione parametrica delle caratteristiche fisiche e territoriali delle aree per:
 - eliminare dall'insieme delle aree potenzialmente idonee quelle che non superano il vaglio dei criteri di esclusione definiti per il terzo livello di analisi;
 - definire un insieme ristretto di aree da proporre per avviare il processo di pre-caratterizzazione dei siti potenziali.



Le aree prese in considerazione sono riportate in Fig. 5.

Fig. 5 – Aree non escluse dall'applicazione automatizzata dei criteri di esclusione tramite GIS e con superficie maggiore di 300 ettari,

5.1. ANALISI GIS DI TERZO LIVELLO E INTEGRAZIONE DEI DATI A SCALA LOCALE

Per raggiungere gli obiettivi individuati per la terza fase di analisi GIS si è proceduto alla integrazione dei dati che potevano permettere il passaggio della scala di analisi dalla regionale (1:200.000) alla locale (1:100.000 – 1:10.000) almeno per la verifica dei requisiti di sito fondamentali.

Le azioni intraprese consistono nell'esecuzione, sulle aree potenzialmente idonee, di un'analisi a scala locale per rilevare:

- presenza di insediamenti urbani e di fabbricati rurali, mediante l'utilizzo di foto aeree a scala 1:10.000;
- geologia di dettaglio, ricavata dai fogli a scala 1:100.000 del Servizio Geologico Nazionale, da altre fonti bibliografiche e dai sopralluoghi;
- caratteri generali della situazione idrologica e idrogeologica dell'area da bibliografia e dalla cartografia geologica e topografica e dai sopralluoghi;
- presenza di indizi di dissesto e di processi di erosione dei versanti dalla fotointerpretazione e da osservazioni in campo.

Precedentemente all'avvio dei sopralluoghi alle aree si è proceduto ad una prima verifica, con l'ausilio del sistema informativo territoriale, delle loro caratteristiche utilizzando:

- aerofotografie digitali 1:10.000 georeferenziate (AIMA, volo 1994);
- Fogli della Carta Geologica Nazionale 1:100.000;
- Carte Tecniche Regionali 1:10.000 e Tavole IGM 1:25.000;
- Sezioni di censimento e relativi indicatori statistici socio-economici;

Tale verifica è stata orientata alla valutazione dei risultati ottenuti in via automatica e alla individuazione, all'interno di ciascuna delle 214 aree idonee, dei settori che offrono condizioni morfologiche favorevoli rispetto a due aree di riferimento:

1. l'area di impianto (approssimativamente quadrata di lato 1250 m) che rappresenta l'estensione dell'intero impianto;
2. l'area del deposito (approssimativamente quadrata di lato 500 m) che rappresenta l'estensione delle sole unità di deposito ed è interna all'area di impianto.

Le condizioni da verificare sono:

1. per l'area di impianto:
 - pendenza contenuta
 - assenza di insediamenti e/o opere rilevanti
 - assenza di strade importanti
 - uso del suolo di non particolare rilevanza economica
2. per l'area del deposito, oltre alle condizioni precedenti, l'acclività deve essere contenuta per evitare grandi movimenti di terra.

Parallelamente alle verifiche preliminari sulle aree si è proceduto ad un approfondimento della caratterizzazione sismica nelle zone dove le incertezze dei dati a scala nazionale non permettevano una proficua applicazione dei criteri di esclusione a scala locale. Tale approfondimento ha avuto la finalità principale di evidenziare la distribuzione della pericolosità sismica per verificare l'esclusione delle aree non adatte alla localizzazione del deposito.

Le zone oggetto di indagine sono state:

- Toscana Meridionale-Alto Lazio;

- Marche;
- Basso Molise-Gargano;
- Tavoliere Pugliese;
- Fossa Bradanica.

Sul territorio italiano le conoscenze sulle faglie attive (che possono generare terremoti) sono alquanto lacunose e disomogenee rispetto al dettaglio richiesto per la valutazione dell'ideoneità dei siti. Per tale motivo e nella finalità di definire una procedura operativa per escludere le zone maggiormente a rischio di fagliazione superficiale, liquefazione delle sabbie o soggette ad accelerazioni di picco troppo onerose per il progetto, sono state condotte indagini specifiche su cinque grandi aree del territorio nazionale appartenenti a diversi ambiti geodinamici. Gli studi sono stati effettuati dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa e coordinati dal Prof. Paolo Scandone.

Tali studi hanno prodotto un significativo passo in avanti nella individuazione delle strutture sismogenetiche e quindi della pericolosità sismica nella zona del basso Molise-Gargano e Tavoliere Pugliese. In Fig. 6 è illustrato l'andamento della faglia di Apricena per la quale sono state riconosciute evidenze di attività in tempi recenti.



Fig. 6 - Campo macrosismico del terremoto del 30/07/1627) e traccia del segmento della faglia di Apricena i. In verde è indicata la struttura del campo Chieuti.

Le mappe di pericolosità sismica, utilizzabili per la valutazione del potenziale danno sismico ad opere civili, industriali ed infrastrutturali, sono state realizzate dal Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse-Sezione Geofisica, dell'Università degli Studi di Genova e coordinate dal Prof. Claudio Eva

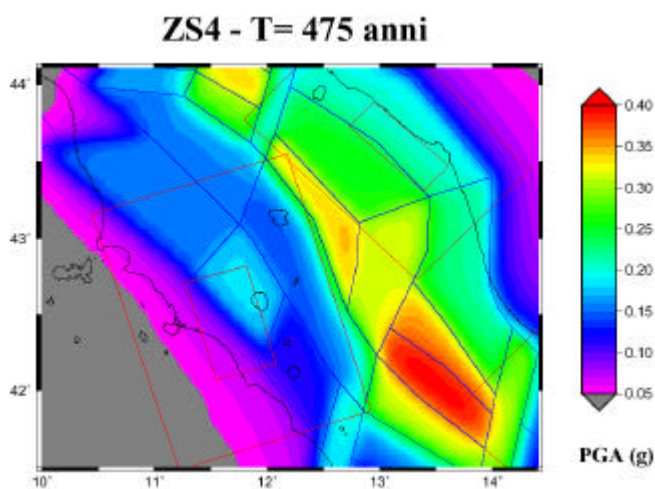


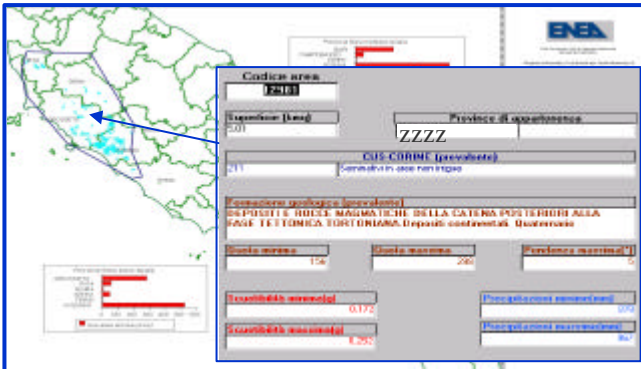
Fig. 7 - Distribuzione della pericolosità sismica nell'Italia centrale.

Tali mappe (v. Fig. 7) vengono prodotte calcolando la probabilità che in ogni punto del territorio possa essere superata o meno una soglia di accelerazione di picco del suolo per terremoti con un determinato periodo di ritorno.

Le metodologie per la valutazione probabilistica della pericolosità sismica richiedono necessariamente, come input alla procedura di calcolo, le informazioni su sorgenti sismiche (aree sismogenetiche o faglie) e la loro caratterizzazione in termini di ricorrenza dei terremoti,

magnitudo massima, tasso di deformazione, meccanismi di frattura, ecc.;

Le mappe di pericolosità sismica sono andate a costituire un tema del Sistema Informativo Territoriale per la classificazione delle aree.



Nella figura 8 si illustra una maschera del database del sistema informativo che riporta per le diverse aree idonee i dati generali e le informazioni provenienti dall'analisi delle fonti bibliografiche, dalle considerazioni specialistiche e dalla fotointerpretazione.

Fig. 8 – Una maschera del data base delle aree potenzialmente idonee

Quale esempio delle attività GIS di terzo livello, si riporta la Figura 9 dove si illustra la digitalizzazione degli edifici presenti nelle aree potenzialmente idonee.



Fig. 9 – Digitalizzazione degli edifici da ortofoto 1:10.000

La Figura 10 mostra un esempio dei risultati della fotointerpretazione per la individuazione degli indizi di dissesto dei versanti, successivamente verificati sul campo. Questa operazione deve essere effettuata durante le indagini a scala locale non essendo disponibile una carta tematica di dettaglio a scala nazionale.

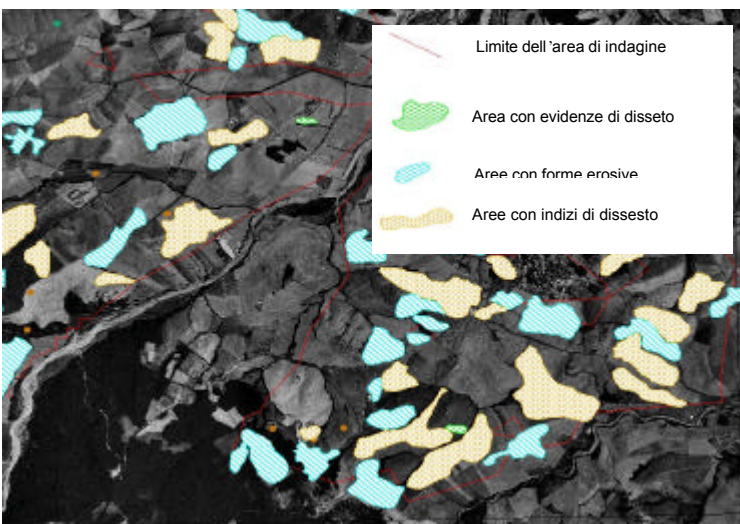


Fig. 10 – Risultato della fotointerpretazione per il rilevamento degli indizi di dissesto

I dati acquisiti dalle indagini a scala locale, una volta immessi nel Sistema Informativo Territoriale (v. Fig. 11), vengono utilizzati per le valutazioni comparative delle aree e la loro classificazione.

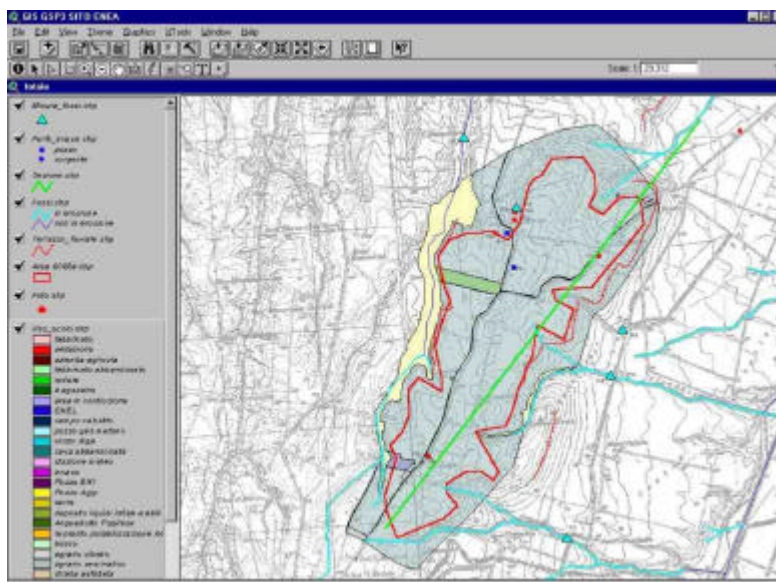


Fig. 11 – Cartografia tematica di un'area gestita in ambiente GIS

6. CLASSIFICAZIONE E VAGLIO DELLE AREE NON ESCLUSE

Al termine del processo di identificazione tramite GIS delle aree potenzialmente idonee alla localizzazione di un deposito di tipo superficiale, si è giunti ad una lista di 28 siti che non presentano condizioni di esclusione e possiedono buoni requisiti di idoneità.

A questi siti si aggiungono, quali aree potenzialmente idonee, altre 5 possibili localizzazioni. Quest'ultime fanno provengono da studi pregressi e sono state individuate con i criteri di esclusione non del tutto coincidenti con quelli delle analisi GIS.

Si rammenta a questo proposito che alcuni criteri di esclusione sono un semplice strumento di elaborazione dei dati da utilizzare per favorire la ricerca di aree favorevoli (es. la distanza dai centri abitati). Altri criteri, legati a caratteristiche o processi rilevanti per la sicurezza del deposito (es. l'alluvionabilità dell'area o l'instabilità dei versanti) determinano l'effettiva esclusione di un'area. Per tale motivo possono risultare idonee anche aree diverse da quelle individuate con la procedura GIS.

Nel prossimo futuro si potrà rendere necessaria, in funzione delle indicazioni che la normativa in materia di selezione dei siti vorrà fissare, una anche notevole riduzione del numero delle aree da prendere in considerazione per la selezione di un solo sito.

L'ulteriore vaglio delle aree può essere effettuato con criteri di opportunità combinati o meno con una verifica preliminare dei requisiti di idoneità. A tale scopo, e in linea con le esperienze degli altri Paesi, si può utilizzare la tecnica del *performance assessment (PA)*. Questa tecnica richiede la modellazione matematica di tutti i processi di evoluzione del sito nelle possibili situazioni e condizioni che possono determinare una migrazione dei radionuclidi dal deposito e la possibile esposizione di un individuo o una popolazione anche nel lontano futuro. Per agevolare la sua applicazione la IAEA e la NEA hanno

predisposto delle liste di caratteristiche, eventi e processi, detti FEPs (Features, Events & Processes) da prendere a riferimento nella applicazione della procedura di PA al fine di evitare di trascurare elementi che possono assumere rilevanza nel trasferimento della radioattività dal deposito alla biosfera e quindi all'uomo.

Per questo lavoro è stata utilizzata la International FEP List (Versione 1.0) della IAEA che contiene 141 voci strutturate su 3 livelli:

1. Fattori esterni: caratteristiche dell'impianto; processi ed eventi geologici, processi ed eventi climatici; azioni umane future;
2. Sistema di deposito: rifiuti e barriere ingegneristiche; ambiente sotterraneo; ambiente di superficie; comportamento umano;
3. Fattori inerenti la contaminazione: caratteristiche dei contaminanti; fattori di rilascio e migrazione; fattori di esposizione dell'uomo.

In sintesi, un sito viene ritenuto idoneo se, in qualsiasi condizione di evoluzione del sistema deposito-ambiente, anche di tipo incidentale, la dose conseguente alla migrazione dei radionuclidi non supera i limiti fissati dalla legge. Ne consegue che l'effettiva verifica dell'idoneità di un sito può essere effettuata solo a valle di indagini di caratterizzazione di grande dettaglio e dopo aver sviluppato il progetto esecutivo dell'impianto e stabilito con esattezza il "carico radiologico" del deposito. Nella attività di analisi territoriale per la selezione delle aree non si può quindi andare oltre la verifica di larga massima della presenza e dell'entità di fattori che potenzialmente possono rendere non trascurabile l'impatto radiologico del sistema.

6.1. TECNICHE E PROCEDURE DI VALUTAZIONE

All'avvio delle verifiche sulle aree selezionate si è proceduto anche alla valutazione della rilevanza che ciascun FEP assume in ogni area potenzialmente idonea. Questa procedura è in avanzata fase di valutazione e, nella versione in corso di sperimentazione, viene utilizzata per attribuire ad ogni area selezionata un *indice di idoneità potenziale*. Questo indice si calcola come somma di altri due indici: l'*indice di sicurezza* e l'*indice di inserimento ambientale*.

L'indice di sicurezza deriva dalla valutazione dei fattori fisici e dalle caratteristiche del deposito e dell'ambiente che hanno rilevanza nel calcolo della dose. L'indice di inserimento territoriale deriva dalla valutazione dei fattori che possono condizionare i costi sia di realizzazione che di esercizio degli impianti e delle altre infrastrutture e che hanno rilevanza nell'impatto ambientale.

L'*indice di idoneità potenziale* è dato dalla relazione: $I < I_{ps} < I_p$
dove I_{ps} rappresenta l'indice di sicurezza, derivante dai fattori fisici, ed è dato a sua volta dalla relazione:

$$I_{ps} < \sum_{i=1}^n p_i < w_i$$

nella quale p_i rappresenta il punteggio associato ai singoli parametri e w_i il relativo peso.

I_p rappresenta invece l'indice di *inserimento territoriale* e ha la stessa struttura dell'indice I_{ps} .

Per il calcolo dei pesi dei fattori dell'indice di sicurezza si è voluto adottare una metodologia che fosse in grado di ridurre al minimo, almeno in questa fase dello studio, le considerazioni di tipo soggettivo. Tale metodologia è stata basata sulla creazione di un modello di calcolo della dose per un "sito tipo" che rispecchia le caratteristiche geo-

morfologiche e idrogeologiche delle aree selezionate. La valutazione della rilevanza dei fattori viene effettuata stimando, in prima approssimazione, per una configurazione standard delle strutture di deposito e di vie di ritorno alla biosfera dei radionuclidi, il peso che ciascun FEP assume nella formazione della dose. Ciò mediante una procedura statistica che individua il peso da assegnare al fattore rispetto alla variazione dell'intensità della dose e del tempo di picco che viene a determinarsi, a seguito della variazione del fattore dalle condizioni del modello standard.

Per quanto riguarda l'indice di inserimento ambientale si può procedere alla attribuzione dei punteggi tramite le funzioni GIS ed è basato su considerazioni rispetto, ad esempio, alla facilità di reperimento di materie prime, di aziende costruttive, di abitazioni libere per il personale addetto alla gestione del deposito e di presenza di servizi del terziario. Tale indice può inoltre qualificare l'area in termini di accessibilità stradale e ferroviaria.

In diverse esperienze di ricerca dei siti in altri Paesi (es. Stato di New York e Australia) il processo di *siting* è basato, come nel nostro caso, sull'applicazione di criteri di esclusione e successivamente sull'impiego di una procedura di pesi e punteggi associati ai fattori geo-ambientali e socio-economici delle aree.

Ogni procedura a pesi e punteggi è fortemente condizionata dal dettaglio delle informazioni disponibili e viene messa a punto per consentire il confronto delle aree favorevoli. Si può giungere alla identificazione di un numero ristretto di siti da scegliere tra quelli con punteggio più alto.

Ma la soggettività che necessariamente deve essere inserita nella scelta dei pesi e dei punteggi limita fortemente l'utilizzo del metodo e ne è testimonianza la sospensione del processo di *siting*, come ad esempio, nello Stato di New York.

La scelta dei pesi e dei punteggi è delegata a gruppi di esperti che stabiliscono i valori da assegnare a ciascuno dei fattori identificati per la valutazione del sito. Le scelte derivano principalmente dalla esperienza degli esperti per l'impossibilità di effettuare indagini di grande dettaglio nella fase di ricerca delle aree su vasta scala.

In Australia il metodo dei pesi e dei punteggi viene impiegato solo nella prima fase del *siting*. Successivamente si effettua un ulteriore vaglio delle aree individuate sulla base di indagini *in situ* e con simulazioni preliminari della diffusione dei radionuclidi nella geosfera.

Vista la oggettiva limitazione della metodologia dei pesi e punteggi è stata tentata la codifica di una metodologia alternativa che comporta una sostanziale riduzione della soggettività da utilizzare nel colmare delle lacune conoscitive sulle caratteristiche del sito che influenzano la valutazione dell'evoluzione nel tempo delle caratteristiche delle barriere naturali ed artificiali.

La funzione di barriera svolta dalla geosfera è legata alla vulnerabilità ambientale del sito, che può essere definita come la proprietà del sito di trasferire radionuclidi alla biosfera a seguito del rilascio degli stessi da parte del deposito.

La vulnerabilità del sito è una caratteristica intrinseca dello stesso, ed è funzione delle proprietà geologiche, idrogeologiche, geochimiche, geotecniche e meteo-climatiche del sito; esse nel loro complesso determinano il grado di inibizione alla migrazione dei radionuclidi del deposito.

Definite le specifiche tecniche del deposito e l'inventario dei materiali radioattivi in esso contenuti, ciascun sito è caratterizzato da una propria vulnerabilità, misurabile attraverso la quantità di radionuclidi trasferibili alla biosfera in conseguenza di un ipotizzato rilascio

degli stessi nell'ambiente e quindi della dose trasferita direttamente e indirettamente all'uomo. Pertanto un sito è tanto più idoneo, quanto più è bassa la sua vulnerabilità.

La vulnerabilità è valutabile tramite la procedura di *performance assessment* che è stata concepita per definire il comportamento del deposito in termini di rilascio dei radionuclidi nella biosfera, al fine di dimostrare con ragionevole assicurazione che l'ambiente e gli esseri umani siano protetti dalla contaminazione radioattiva per tutto il periodo di attività dei rifiuti.

Per l'analisi di sicurezza, anche se preliminare, è necessario che i dati di input del modello, ossia il termine sorgente della ipotetica contaminazione e i parametri geo-ambientali, siano ricavati dai dati sperimentali.

Per le aree in studio, data la mancanza di informazioni di dettaglio, evidentemente i valori di tali parametri non possono essere definiti univocamente. Di conseguenza a ciascun parametro richiesto dal modello concettuale del sito, deve essere associato un intervallo di valori e possibilmente una distribuzione di frequenza, ovviamente non casuali ma definiti sulla base dell'informazione di cui si dispone.

6.2. IDENTIFICAZIONE DEI SITI PROPONIBILI

Sulla base delle considerazioni precedentemente esposte, si sta procedendo allo sviluppo di una procedura che, per ciascun sito, a fronte di un'analisi preliminare di sicurezza, non vuole individuare un valore deterministico, e quindi univoco, della dose all'uomo, ma indica, in termini probabilistici, il grado della potenziale idoneità.

Infatti a causa della non univocità dell'input del modello si può ottenere, come output, una distribuzione di valori della dose, il cui andamento è determinato anche dell'incertezza associata ai parametri di input.

La distribuzione della dose sarà tale che all'aumentare del grado di conoscenza dei parametri del sistema deposito-sito, la dispersione attorno al valore medio si restringe (vedi Fig. 12). Nel caso limite, ossia in condizioni di conoscenza deterministica dell'input, la distribuzione della dose si restringe ad un unico valore, che coincide con quello ottenuto su basi deterministiche.

Nota, in quanto output del modello, la frequenza di distribuzione della dose, è possibile definire un valore limite della dose e valutare la probabilità che tale limite venga superato (vedi Fig.13).

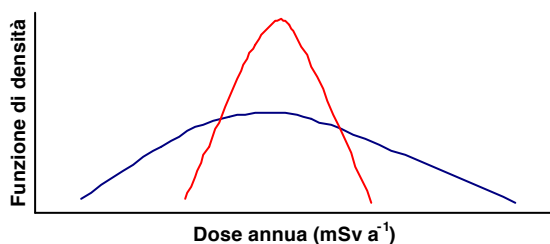


Fig.12 Funzioni di densità di probabilità della dose annua. Al diminuire della incertezza sui dati di input del modello, diminuisce la dispersione della dose attorno al valore medio.

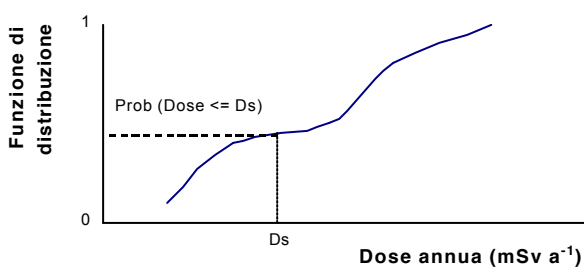


Fig.13 Funzione di distribuzione della dose annua. Considerato un valore limite di dose (D_s), la funzione di distribuzione consente di determinare la probabilità che la dose annua sia $\leq D_s$ oppure che sia $> D_s$.

Con tale tecnica la distribuzione di dose ottenuta, non caratterizza soltanto le proprietà geo-ambientali del sito, ma anche il grado di conoscenza che di esse si ha.

Si confida nel fatto che, dato il numero relativamente elevato di siti da confrontare, si possano ottenere distribuzioni di dose da cui individuare delle classi omogenee di siti. In tale circostanza, ai siti appartenenti alla stessa classe, si può associare uno stretto intervallo di probabilità che la dose superi una stabilita dose limite opportunamente fissata per selezionare le aree.

7. CONCLUSIONI

In conclusione si può osservare che la procedura descritta è stata definita ed applicata per validare una metodologia di analisi del territorio nazionale finalizzata alla indicazione di una serie di possibili localizzazioni dell'impianto di deposito di tipo superficiale.

I risultati vanno interpretati rispetto alla quantità e al dettaglio dei dati utilizzati (che necessariamente dovevano essere omogeneamente disponibili su tutto il territorio) Pertanto possono esistere, ad esempio, altre aree potenzialmente idonee oltre i 600 m s.l.m., o possono essere considerate adatte aree con superficie inferiore a 300 ha, ecc..

Ciò dipende anche dal fatto che anche i criteri adottati per la identificazione delle aree sono quelli applicabili utilizzando dalle informazioni disponibili a scala nazionale.

In ogni caso le aree individuate possono indicare le zone dove indirizzare con priorità la ricerca dei siti idonei e il sistema informativo è adeguato per ripercorrere la procedura di selezione delle aree nel caso fosse necessario modificare i criteri di esclusione o venissero resi disponibili ulteriori dati e cartografia tematica per indagini a scala nazionale.

Alla data odierna la selezione è concentrata su 33 siti. I siti in esame hanno superato il vaglio di tutti i criteri d'esclusione, adottati rispettando le indicazioni del Gruppo di Lavoro "destinazione dei rifiuti radioattivi" della Sezione Nucleare della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile. Essi rispettano altresì le indicazioni della Guida Tecnica N° 26 dell'ENEA/Disp (oggi APAT) nonché quelle fornite dall'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA) ("Siting of near surface disposal facilities" - Safety Series N° 111-G3.1, 1994).

Un'ulteriore riduzione del numero dei siti individuati potrebbe essere operata definendo criteri d'esclusione aggiuntivi o adottando metodi comparativi (definiti e discussi a livello internazionale, ma non applicati finora a tal fine, se non a titolo esemplificativo) basati su una stima previsionale delle prestazioni a lungo termine dell'installazione. Le metodologie ad hoc sono state acquisite e possono essere rese operative.

Rispetto all'ipotesi alternativa di localizzare il deposito in sotterraneo a debole profondità (celle in gallerie ricavate all'interno di rilievi preferibilmente argillosi), alcuni dei siti già individuati sono adatti ad entrambe le soluzioni. Ulteriori siti idonei alla sola opzione galleria possono emergere dall'analisi territoriale da poco avviata, che potrà dare le prime indicazioni entro l'anno in corso.