

Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI

Codice DN GS 00102

Fase del progetto -

Data 30/12/2020

Pag. 1



Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



I N D I C E

0	PREMESSA	7
1	CE1 - ESCLUSIONE DELLE AREE VULCANICHE ATTIVE QUIESCENTI	15
1.1	GENERALITÀ E STUDIO DI RIFERIMENTO	15
1.2	INTRODUZIONE	15
1.3	INQUADRAMENTO DEL VULCANISMO IN ITALIA	16
1.4	IL VULCANISMO ATTIVO	18
1.5	IL VULCANISMO QUIESCENTE	21
1.6	DEFINIZIONE DELLE AREE DI ESCLUSIONE NEL PRIMO LIVELLO DI ANALISI	23
1.7	ATTIVITÀ DI VERIFICA NEL SESTO LIVELLO DI ANALISI	38
1.8	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	39
1.9	BIBLIOGRAFIA	39
2	CE2 – ESCLUSIONE DELLE AREE CONTRASSEGNALE DA SISMICITÀ ELEVATA	44
2.1	GENERALITÀ	44
2.2	INTRODUZIONE	44
2.3	LA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA ITALIANA	45
2.3.1	Approccio metodologico	45
2.3.2	Applicazione al territorio italiano	47
2.3.3	Modelli di base	49
2.3.3.1	Modello sismotettonico	49
2.3.3.2	Tassi di sismicità	52
2.3.3.3	Equazioni predittive dello scuotimento	53
2.4	APPLICAZIONE DEL CRITERIO	54
2.5	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	56
2.5.1	Carta della pericolosità sismica	56
2.6	RAPPORTI TRA CRITERIO DI ESCLUSIONE CE2 ED INPUT SISMICO DI PROGETTO	56
2.7	BIBLIOGRAFIA	59
3	CE3 – ESCLUSIONE DELLE AREE INTERESSATE DA FENOMENI DI FAGLIAZIONE	62
3.1	GENERALITÀ E STUDIO DI RIFERIMENTO	62
3.2	INTRODUZIONE	62
3.3	VALUTAZIONE FAGLIAZIONE SUPERFICIALE	63
3.4	APPLICAZIONE DEL CRITERIO	66
3.4.1	Generalità e dati utilizzati	66
3.4.2	Applicazione nel 1° livello di analisi	69
3.4.3	Applicazione nel 5° livello di analisi	69
3.4.4	Applicazione nel 6° livello di analisi	70
3.4.5	Applicazione nel 7° livello di analisi	70
3.4.6	Verifiche successive al 2015	70
3.5	CONCLUSIONI	74
3.6	BIBLIOGRAFIA	75
4	CE4 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DA RISCHIO E/O PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E/O IDRAULICA DI QUALSIASI GRADO E LE FASCE FLUVIALI	77
4.1	INTRODUZIONE	77
4.2	APPLICAZIONE	77

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



4.2.1	Applicazione nel 1° livello di analisi (IFFI)	77
4.2.2	Applicazione nel 2° livello di analisi (Piani di Assetto Idrogeologico)	80
4.2.2.1	Generalità	80
4.2.2.2	Selezione delle Autorità di Bacino	80
4.2.2.3	Analisi e rielaborazione dei dati	81
4.2.2.4	Esclusioni di 2° livello	82
4.2.3	Analisi di 5° e 6° livello	88
4.2.4	Verifiche 7° livello – Recepimento rilievi ISPRA	90
4.2.5	Verifiche successive al 2015	90
4.3	DATI DI RIFERIMENTO	90
5	CE5 – ESCLUSIONE DELLE AREE CONTRADDISTINTE DALLA PRESENZA DI DEPOSITI ALLUVIONALI DI ETA' OLOCENICA	95
5.1	GENERALITÀ E STUDIO DI RIFERIMENTO	95
5.2	INTRODUZIONE	96
5.3	APPLICAZIONE	98
5.3.1	Italia settentrionale	101
5.3.2	Italia Centrale e Meridionale	101
5.3.3	Sicilia	102
5.3.4	Sardegna	102
5.4	ATTIVITÀ DI VERIFICA NEL 5° E 6° LIVELLO DI ANALISI	103
5.5	VERIFICHE 7° LIVELLO – RECEPIMENTO RILIEVI ISPRA	103
5.6	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	103
5.7	BIBLIOGRAFIA E DATI DI RIFERIMENTO	103
6	CE6 – ESCLUSIONE DELLE AREE UBICATE AD ALTITUDINE MAGGIORE DI 700 M S.L.M.	116
6.1	INTRODUZIONE	116
6.2	APPLICAZIONE E DATI DI RIFERIMENTO	116
6.3	RISULTATI E CONCLUSIONI	117
7	CE7 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DA VERSANTI CON PENDENZA MEDIA MAGGIORE DEL 10%	119
7.1	INTRODUZIONE	119
7.2	METODI MATEMATICI ED ALGORITMI PER IL CALCOLO DELLA PENDENZA	120
7.3	APPLICAZIONE NEL PRIMO LIVELLO DI ANALISI	124
7.4	APPLICAZIONE NEL QUARTO LIVELLO DI ANALISI	128
7.5	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	129
7.6	BIBLIOGRAFIA	130
8	CE8 – ESCLUSIONE DELLE AREE SINO ALLA DISTANZA DI 5 KM DALLA LINEA DI COSTA ATTUALE OPPURE UBICATE A DISTANZA MAGGIORE MA AD ALTITUDINE MINORE DI 20 M S.L.M.	131
8.1	INTRODUZIONE	131
8.2	APPLICAZIONE E DATI DI RIFERIMENTO	131
8.3	RISULTATI E CONCLUSIONI	132
9	CE9 – ESCLUSIONE DELLE AREE INTERESSATE DAL PROCESSO MORFOGENETICO CARSIICO O CON PRESENZA DI SPROFONDAMENTI CATASTROFICI IMPROVVISI (SINKHOLES)	134
9.1	INTRODUZIONE	134
9.2	APPLICAZIONE NEL 1° LIVELLO DI ANALISI	134
9.3	APPLICAZIONE NEL 5° E 6° LIVELLO DI ANALISI	135
9.4	DATI DI RIFERIMENTO	135
9.4.1	Generalità	135

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



9.4.2	Dati Nazionali	136
9.4.3	Dati Regionali	136
9.5	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	140
9.6	RISULTATI E CONCLUSIONI	140
10	CE10 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DA LIVELLI PIEZOMETRICI AFFIORANTI O CHE, COMUNQUE, POSSANO INTERFERIRE CON LE STRUTTURE DI FONDAZIONE DEL DEPOSITO	142
10.1	INTRODUZIONE	142
10.2	APPLICAZIONE	143
10.2.1	Analisi di 1° livello	143
10.2.2	Analisi di 5° livello	144
10.2.3	Analisi di sesto livello	145
10.3	DATI DI RIFERIMENTO	145
10.3.1	Generalità	145
10.3.2	Dati Nazionali	146
10.3.3	Dati Regionali	146
10.4	RISULTATI E CONCLUSIONI	147
10.5	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	148
11	CE11 – ESCLUSIONE DELLE AREE NATURALI PROTETTE IDENTIFICATE AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE	149
11.1	INTRODUZIONE	149
11.2	DATI DI RIFERIMENTO	149
11.3	SINTESI DELLA PROCEDURA DI ESCLUSIONE E DEI RISULTATI	152
11.4	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	153
12	CE12 – ESCLUSIONE DELLE AREE CHE NON SIANO AD ADEGUATA DISTANZA DAI CENTRI ABITATI	154
12.1	INTRODUZIONE	154
12.2	BASI CONCETTUALI E MODALITÀ DI APPLICAZIONE	154
12.2.1	Il fenomeno insediativo italiano	154
12.2.2	Base concettuale per l'applicazione del criterio	155
12.2.3	Dati per l'applicazione del criterio	156
12.2.4	Definizione delle aree di esclusione	156
12.3	RISULTATI DELL'APPLICAZIONE DEL CRITERIO	160
13	CE13 – ESCLUSIONE DELLE AREE CHE SIANO A DISTANZA INFERIORE A 1 KM DA AUTOSTRADE E STRADE EXTRAURBANE PRINCIPALI E DA LINEE FERROVIARIE FONDAMENTALI E COMPLEMENTARI	162
13.1	INTRODUZIONE	162
13.2	APPLICAZIONE NEL 1° LIVELLO DI ANALISI E DATI DI RIFERIMENTO	162
13.3	APPLICAZIONE NEL 5° E 6° LIVELLO DI ANALISI E DATI DI RIFERIMENTO	166
13.4	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	166
14	CE14 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DALLA PRESENZA NOTA DI IMPORTANTI RISORSE DEL SOTTOSUOLO	167
14.1	RISORSE IDRICHE	168
14.1.1	Introduzione	168
14.1.2	Applicazione	168
14.1.3	Dati di riferimento	170
14.1.3.1	Dati Nazionali	171
14.1.3.2	Dati Regionali	171
14.1.4	Sintesi	172

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



14.1.5	Bibliografia	172
14.2	RISORSE MINERARIE	173
14.2.1	Introduzione	173
14.2.2	Metodologia generale	174
14.2.3	Dati di base e metodologia specifica	175
14.2.3.1	Minerali solidi	175
14.2.3.1.1	Definizioni	175
14.2.3.1.2	Fonti dei dati di base	175
14.2.3.1.3	Metodologia specifica	176
14.2.3.1.4	I riferimenti programmatici nazionali e le potenzialità attuali	176
14.2.3.1.5	Siting del deposito nazionale e aree di potenziale interesse minerario	177
14.2.3.1.6	Conclusioni	178
14.2.3.2	Idrocarburi liquidi e gassosi	178
14.2.3.2.1	Dati di base	178
14.2.3.2.2	Metodologia specifica	178
14.2.3.3	Risorse geotermiche	179
14.2.3.3.1	Dati di base	179
14.2.3.3.2	Metodologia adottata	179
14.2.3.4	Cave di pregio	181
14.2.3.4.1	Definizione	181
14.2.3.4.2	Dati di base	181
14.2.3.5	Stoccaggio di gas naturale	182
14.2.3.5.1	Dati di base	182
14.2.4	Bibliografia	182
14.3	VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015	183
15	CE15 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DALLA PRESENZA DI ATTIVITA' INDUSTRIALI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE, DIGHE E SBARRAMENTI IDRAULICI ARTIFICIALI, AEROPORTI O POLIGONI DI TIRO MILITARI OPERATIVI	184
15.1	INTRODUZIONE	184
15.2	ATTIVITA' INDUSTRIALI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE	184
15.2.1	Applicazione e dati di riferimento	184
15.2.2	Verifiche successive al 2015	186
15.3	DIGHE E SBARRAMENTI IDRAULICI ARTIFICIALI	187
15.4	AEROPORTI	187
15.5	POLIGONI DI TIRO MILITARI OPERATIVI	190
16	CRITERI DI APPROFONDIMENTO	191
16.1	PRESENZA DI MANIFESTAZIONI VULCANICHE SECONDARIE (CA1)	192
16.2	PRESENZA DI MOVIMENTI VERTICALI SIGNIFICATIVI DEL SUOLO (CA2)	193
16.2.1	Introduzione	193
16.2.2	Principi del metodo dei <i>Permanent Scatterers</i>	194
16.2.2.1	I sensori radar	196
16.2.2.2	Tecniche SAR interferometriche	197
16.2.3	Applicazione della Tecnica PSI	199
16.2.4	Risultati e conclusioni	203
16.2.5	Verifiche successive al 2015	209
16.3	ASSETTO GEOLOGICO-MORFOSTRUTTURALE E PRESENZA DI LITOTIPI CON ETEROPIA VERTICALE E LATERALE (CA3)	210
16.4	PRESENZA DI BACINI IMBRIFERI DI TIPO ENDOREICO (CA4)	211
16.4.1	Introduzione	211
16.4.2	Applicazione nel 5° e 6° livello di analisi e conclusioni	211
16.5	PRESENZA DI FENOMENI DI EROSIONE ACCELERATA (CA5)	212
16.5.1	Introduzione	212

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



16.5.2	Applicazione nel 5° e 6° livello di analisi e conclusioni	212
16.6	CONDIZIONI METEOCLIMATICHE (CA6)	213
16.6.1	Introduzione	213
16.6.2	Applicazione	213
16.6.2.1	Analisi e rielaborazione dei dati	214
16.6.3	Dati di riferimento	218
16.6.4	Conclusioni	222
16.6.5	Verifiche successive al 2015	223
16.6.6	Bibliografia	223
16.7	PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI TERRENI (CA7)	224
16.8	PARAMETRI IDROGEOLOGICI (CA8)	225
16.9	PARAMETRI CHIMICI DEL TERRENO E DELLE ACQUE DI FALDA (CA9)	226
16.10	PRESENZA DI <i>HABITAT</i> E SPECIE ANIMALI E VEGETALI DI RILIEVO CONSERVAZIONISTICO, NONCHE' DI GEOSITI (CA10)	227
16.10.1	Introduzione	227
16.10.2	Dati di riferimento	227
16.10.3	Applicazione del criterio	230
16.10.4	Selezione di specie e <i>habitat</i> da verificare nei rilievi speditivi	232
16.10.4.1	Selezione delle specie	232
16.10.4.2	Selezione degli <i>habitat</i>	234
16.10.4.3	Aggiornamento dei <i>file</i> utili per l'analisi al 6° livello	237
16.10.4.4	Descrizione sintetica dei contenuti dei <i>geodatabase</i> delle specie e degli <i>habitat</i>	237
16.10.5	Esclusioni	239
16.10.5.1	Procedura di esclusione delle aree al 5° livello per la presenza di IPA	239
16.10.5.2	Procedura di esclusione delle aree al 5° livello per la presenza di <i>habitat</i>	239
16.10.5.3	Procedura di esclusione delle aree al 5° e 6° livello per la presenza di IBA	244
16.10.5.4	Analisi 6° Livello	244
16.10.5.5	Analisi 7° Livello	246
16.10.6	Verifiche successive al 2015	246
16.10.7	Bibliografia	246
16.11	PRODUZIONI AGRICOLE DI PARTICOLARE QUALITA' E TIPICITA' E LUOGHI DI INTERESSE ARCHEOLOGICO E STORICO (CA11)	251
16.11.1	Premessa	251
16.11.2	Produzioni agricole di particolare qualità e tipicità	251
16.11.2.1	Il quadro di riferimento	251
16.11.2.2	Dati e informazioni per la stima degli indicatori	256
16.11.3	Luoghi di interesse archeologico e storico	256
16.11.4	Verifiche successive al 2015	258
16.12	DISPONIBILITA' DI VIE DI COMUNICAZIONE PRIMARIE E INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO (CA12)	259
16.13	PRESENZA DI INFRASTRUTTURE CRITICHE RILEVANTI STRATEGICHE (CA13)	261

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



0 PREMESSA

Questo documento descrive le basi teoriche, le modalità di applicazione e di raccolta dati che sono state alla base della realizzazione della Carta Nazionale delle Aree Potenzialmente Idonee (CNAPI) in ottemperanza a quanto richiesto dall'art. 27, comma 1 e 1bis del D.Lgs. 31/2010 e ss.mm.ii.

Dette basi teoriche, modalità di applicazione e di raccolta dati sono descritte per ciascun criterio di esclusione e di approfondimento indicati nella Guida Tecnica 29 (GT29) facendo riferimento alle diverse fasi di elaborazione delle informazioni nell'ambito della procedura operativa (Elaborato DN GS 00056¹) che Sogin ha predisposto per la realizzazione della CNAPI.

I criteri indicati nella GT 29 ISPRA, sono stati formulati, come specificato nella guida stessa, con riferimento alle raccomandazioni elaborate dagli organismi internazionali ed in particolare dalla IAEA nella SSG-29 (2014) "Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste" e tenendo presente il documento SSG - DS433 (Date: 2013-11-1; STEP 12: Endorsement of the draft by CSS Includes CSS comments) "Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations". Quest'ultimo documento si riferisce in particolare alle attività di caratterizzazione proprie delle fasi II e III del processo di localizzazione indicato nella GT29 ISPRA.

Nella tabella che segue si riportano, per una rapida consultazione, i criteri di localizzazione dati nella GT29 ISPRA.

II.1 Criteri di Esclusione
<p>Sono da escludere le aree:</p>
<p>CE1 vulcaniche attive o quiescenti <i>Sono quelle aree che presentano apparati vulcanici attivi o quiescenti, quali: Etna, Stromboli, Colli Albani, Campi Flegrei, Ischia, Vesuvio, Lipari, Vulcano, Panarea, Isola Ferdinandea e Pantelleria.</i></p>
<p>CE2 contrassegnate da sismicità elevata <i>Sono quelle aree contrassegnate da un valore previsto di picco di accelerazione (PGA) al substrato rigido, per un tempo di ritorno di 2475 anni, pari o superiore a 0,25 g, secondo le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni [Rif. 22,23], in quanto in tali aree le successive analisi sismiche di sito potrebbero evidenziare condizioni in grado di compromettere la sicurezza del deposito nelle fasi di caricamento e, dopo la chiusura, per tutto il periodo di controllo istituzionale.⁴</i></p> <p>(⁴) I dati di pericolosità sismica sono consultabili sul sito http://esse1.mi.ingv.it/.</p>
<p>CE3 interessate da fenomeni di fagliazione <i>Questi lineamenti tettonici sono evidenziati nel catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) e nel database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources).</i></p>
<p>CE4 caratterizzate da rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado e le fasce fluviali <i>Per valutare il rischio di frane e di inondazioni sono da prendere in considerazione le aree a rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado (da moderato a molto elevato) e le fasce fluviali A, B e C indicate nei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), nonché le aree catalogate nell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).</i></p>

¹ Elaborato SOGIN DN GS 00056 rev.04 (2020) – Procedura operativa SOGIN per la realizzazione della CNAPI.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



<p>CE5 contraddistinte dalla presenza di depositi alluvionali di età olocenica <i>Queste zone sono caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali messi in posto dalla dinamica fluviale durante l'Olocene. L'esclusione di tali aree è un ulteriore elemento precauzionale per la minimizzazione del rischio idraulico.</i></p>
<p>CE6 ubicate ad altitudine maggiore di 700 m s.l.m. <i>Al di sopra di tale fascia altimetrica l'orografia è complessa e articolata, i versanti sono più acclivi e le precipitazioni meteoriche sono più abbondanti. I processi morfogenetici di tipo fluvio-denudazionale e gravitativi di versante sono più intensi con l'aumentare della quota.</i></p>
<p>CE7 caratterizzate da versanti con pendenza media maggiore del 10% <i>Tali versanti possono esporre il deposito a fenomeni di erosione superficiale, trasporto ed accumulo riferiti al dilavamento delle acque di precipitazione meteorica.⁵</i> ⁽⁵⁾ Per quanto riguarda i valori di pendenza e tutti gli altri criteri di tipo topografico si fa riferimento ad elaborazioni effettuate in ambito GIS che utilizzano come dati di base il Modello Digitale definito in tutto il territorio nazionale realizzato dall'Istituto Geografico Militare Italiano (IGM) o ritenuto equivalente.</p>
<p>CE8 sino alla distanza di 5 km dalla linea di costa attuale oppure ubicate a distanza maggiore ma ad altitudine minore di 20 m s.l.m. <i>Queste aree possono essere soggette ad ingressioni marine; sono, inoltre, caratterizzate dalla presenza di falde acquifere superficiali e di cunei salini, foci e delta fluviali, dune, zone lagunari e palustri. Gli effetti corrosivi del clima marino possono avere un impatto sulla resistenza alla degradazione delle strutture del deposito. Le aree in prossimità della costa sono, in generale, turistiche e densamente abitate.</i></p>
<p>CE9 interessate dal processo morfogenetico carsico o con presenza di sprofondamenti catastrofici improvvisi (sinkholes) <i>Il processo morfogenetico carsico genera un'elevata permeabilità per fratturazione e una sviluppata circolazione idrica sotterranea. Eventuali crolli delle volte di cavità carsiche ipogee possono avere risentimenti sino in superficie.</i> <i>Le aree con presenza di sprofondamenti catastrofici improvvisi sono rappresentate nel Database Nazionale dei Sinkholes.</i></p>
<p>CE10 caratterizzate da falda affiorante o che, comunque, possano interferire con le strutture di fondazione del deposito <i>La prossimità di acque del sottosuolo, nelle loro variazioni di livello stagionali e non stagionali conosciute, può ridurre il grado di isolamento del deposito e favorire fenomeni di trasferimento di radionuclidi verso la biosfera. Per lo stesso motivo sono da escludere le aree con presenza di sorgenti e di opere di presa di acquedotti.</i></p>
<p>CE11 naturali protette identificate ai sensi della normativa vigente <i>Sono quelle aree ove sono presenti paesaggi, habitat e specie animali e vegetali tutelati: parchi nazionali, regionali e interregionali, riserve naturali statali e regionali, oasi naturali, geoparchi, Siti di Importanza Comunitaria (SIC), Zone di Protezione Speciale (ZPS) e zone umide identificate in attuazione della Convenzione di Ramsar [Rif. 11, 14, 15].⁶</i> ⁽⁶⁾ Le Aree Naturali Protette d'Italia sono presenti nel Geoportale Cartografico del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.</p>
<p>CE12 che non siano ad adeguata distanza dai centri abitati <i>La distanza dai centri abitati deve essere tale da prevenire possibili interferenze durante le fasi di esercizio del deposito, chiusura e di controllo istituzionale e nel periodo ad esse successivo, tenuto conto dell'estensione dei centri medesimi.</i></p>

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



CE13 che siano a distanza inferiore a 1 km da autostrade e strade extraurbane principali e da linee ferroviarie fondamentali e complementari

La distanza da queste vie di comunicazione⁽⁷⁾ tiene conto dell'eventuale impatto sul deposito legato a incidenti che coinvolgono trasporti di merci pericolose (gas, liquidi infiammabili, esplosivi, ecc.).

⁽⁷⁾ Per la classificazione delle strade potrà essere preso a riferimento il database DBPrior.

CE14 caratterizzate dalla presenza nota di importanti risorse del sottosuolo

Lo sfruttamento di importanti risorse del sottosuolo già individuate negli strumenti di pianificazione e vincolo territoriale, [idriche, energetiche (gas, petrolio o di tipo geotermico) e minerarie], può essere compromesso dalla costruzione del deposito e può determinare insediamenti futuri di attività umane, compromettendo l'isolamento del deposito stesso.

CE15 caratterizzate dalla presenza di attività industriali a rischio di incidente rilevante⁽⁸⁾, dighe e sbarramenti idraulici artificiali, aeroporti o poligoni di tiro militari operativi

In presenza di dighe e sbarramenti idraulici artificiali devono essere escluse le aree potenzialmente inondabili in caso di rottura dello sbarramento.

⁽⁸⁾ Vedi D.Lvo 334/99

II.2 Criteri di Approfondimento

Nelle fasi di localizzazione devono essere valutati i seguenti aspetti:

CA1 presenza di manifestazioni vulcaniche secondarie

In sede di caratterizzazione di dettaglio devono essere valutati ulteriori aspetti significativi, come ad esempio la presenza di aree interessate da manifestazioni vulcaniche secondarie e da presenza di prodotti vulcanici rimaneggiati da flusso superficiale e/o gravitativo. Ci si riferisce anche a fenomeni non evidenziati nell'applicazione del criterio CE1.

CA2 presenza di movimenti verticali significativi del suolo in conseguenza di fenomeni di subsidenza e di sollevamento (tettonico e/o isostatico)

Questi fenomeni sono legati a cause naturali di tipo geologico e/o di natura antropica.

CA3 assetto geologico-morfostrutturale e presenza di litotipi con eteropia verticale e laterale

Questi aspetti influenzano la modellazione geologico-tecnica necessaria per la valutazione dell'interazione della struttura con il terreno. Ci si riferisce anche a fenomeni non già evidenziati nell'applicazione CE3.

CA4 presenza di bacini imbriferi di tipo endoreico

Questi bacini chiusi non presentano emissari e costituiscono un punto di convergenza per il drenaggio del reticolo idrografico superficiale. A seguito di intense e prolungate precipitazioni i punti più depressi del bacino endoreico possono essere soggetti a fenomeni di stagnazione delle acque. Ci si riferisce a fenomeni non già evidenziati nell'applicazione del criterio CE4.

CA5 presenza di fenomeni di erosione accelerata

In queste zone, in rapida evoluzione morfologica, sono presenti numerosi solchi di ruscellamento concentrato, linee di cresta affilate, brusche rotture di pendio con formazioni di scarpate, profonde incisioni vallive ed elevata densità del drenaggio. Ci si riferisce a fenomeni non già evidenziati nell'applicazione del criterio CE4.

CA6 condizioni meteo-climatiche

- a) regimi pluviometrico, nivometrico e anemometrico
- b) eventi estremi

CA7 parametri fisico-meccanici dei terreni

Sono caratteristiche che influenzano in particolare la capacità portante e la suscettibilità a fenomeni di liquefazione.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



CA8 parametri idrogeologici

- (a) distanza dei livelli piezometrici dal piano di campagna e dalle strutture di fondazione del deposito e loro fluttuazioni periodiche, stagionali e non stagionali;
 - (b) distanza da sorgenti e da altri punti di captazione idrica;
 - (c) caratteristiche di conducibilità idraulica degli acquiferi, comprendenti la quota dei tetti e dei letti degli acquiferi e degli acquicludi, la loro estensione laterale e i loro coefficienti di permeabilità e di immagazzinamento;
 - (d) gradiente idraulico medio dell'area e velocità del flusso sotterraneo;
 - (e) valore dell'infiltrazione efficace;
 - (f) estensione delle superfici di ricarica degli acquiferi e loro distanza dall'area in valutazione;
 - (g) utilizzo delle acque per usi legati all'alimentazione umana diretta o indiretta;
 - (h) grado di complessità e possibilità di modellizzazione del sistema acquifero.
- Ci si riferisce anche a fenomeni e parametri non già valutati nell'applicazione del criterio CE 10.

CA9 parametri chimici del terreno e delle acque di falda

Alcune caratteristiche, ad esempio capacità di scambio cationico, presenza di sostanza organica, presenza di ossidi/idrossidi di Fe, Mn e Al, ecc. offrono indicazioni sull'efficacia del terreno nel limitare il trasferimento dei radionuclidi nelle acque di falda. Altre caratteristiche potrebbero, al contrario, determinare fenomeni di degrado delle strutture del deposito.

CA10 presenza di habitat e specie animali e vegetali di rilievo conservazionistico, nonché di geositi

Si deve tenere conto, esternamente alle aree naturali protette di cui al criterio CE11, degli Allegati delle Direttive 92/43/CEE, e 2009/147/CEE per habitat e specie animali e vegetali e della banca dati ISPRA per i Geositi. In fase di caratterizzazione si deve inoltre tener conto della eventuale presenza di specie a rischio segnalate nelle Liste Rosse della Flora e della Fauna Italiane (International Union of Conservation of Nature – IUCN).

CA11 produzioni agricole di particolare qualità e tipicità e luoghi di interesse archeologico e storico

CA12 disponibilità di vie di comunicazione primarie e infrastrutture di trasporto

La presenza di infrastrutture (quali ad es. autostrade, strade extra urbane principali e ferrovie fondamentali e complementari, ecc...) consente di raggiungere più agevolmente il deposito, minimizzando i rischi connessi ad eventuali incidenti durante il trasporto dei rifiuti radioattivi.

CA13 presenza di infrastrutture critiche rilevanti o strategiche

Deve essere valutato il possibile impatto reciproco derivante dalla vicinanza di infrastrutture critiche o strategiche (quali ad es. i sistemi di produzione, stoccaggio e distribuzione di energia elettrica, gas naturale e olio combustibile e gli insediamenti strategici militari operativi).

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Al fine di agevolare a lettura del presente documento, nel quale sono contenuti frequenti richiami al documento DN GS 00056, si riporta di seguito una descrizione schematica di come è articolata la procedura operativa per l'individuazione della aree potenzialmente idonee (richiamata a volte nel testo come procedura CNAPI). Per maggiori dettagli si rimanda al citato documento. Tale procedura ha previsto:

- una serie di analisi a scala nazionale/regionale, condotte allo scopo di escludere i territori che non rispondevano ai requisiti necessari in applicazione dei criteri ISPRA a quella scala;
- una serie di analisi a scala *sub*-regionale e in parte a scala locale, per selezionare i territori per i quali veniva confermata, sulla base di dati di maggiore dettaglio, la rispondenza ai requisiti necessari in applicazione dei criteri ISPRA valutabili a quella scala d'indagine;
- una verifica speditiva sul campo e valutazioni a scala di area.

A conclusione delle attività è stata inoltre effettuata la classificazione delle aree ai sensi dell'art. 27 del D.Lgs. 31/2010 e ss.mm.ii., come descritto nel documento DN GS 00226.

Entrando più nel merito della procedura si evidenzia che è composta da sei livelli di analisi territoriale in sequenza e a dettaglio crescente. Le azioni svolte livello dopo livello hanno portato gradualmente a ridurre le porzioni di territorio da analizzare. L'analisi di dettaglio maggiore è stata eseguita solo sulle porzioni di territorio non escluse dal livello precedente. L'ordine d'applicazione dei criteri della GT29 nei livelli di analisi è stato dettato dalla disponibilità, omogeneità e distribuzione areale dei dati utili per l'applicazione di ciascun criterio.

La successione dei livelli di analisi è sintetizzata come segue:

1. primo livello: analisi GIS a scala nazionale
2. secondo livello: analisi GIS a scala regionale
3. terzo livello: analisi GIS a scala sub-regionale
4. quarto livello: *screening* manuale (scala sub-regionale)
5. quinto livello: *screening* manuale (scala locale)
6. sesto livello: rilievi speditivi sul campo e valutazioni a scala di area

Alcune esclusioni facenti capo ad uno stesso criterio sono state effettuate a diverso grado di dettaglio nei diversi livelli d'analisi in relazione ai dati necessari.

Nelle seguenti tabelle 0/1 e 0/2 sono riportati e illustrati in forma grafica gli argomenti che sono stati valutati per ciascun criterio nei diversi livelli d'analisi.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Tabella 0/1 – Suddivisione e sequenza di applicazione degli argomenti di esclusione facenti capo ai criteri ISPRA (in blu argomenti utilizzabili per esclusioni, in celeste per classificazione): i sei livelli di analisi in sequenza e a dettaglio crescente hanno portato gradualmente a ridurre le porzioni di territorio da esaminare fino a delimitare le aree potenzialmente idonee

Criteri di esclusione (ISPRA)	Argomenti	LIVELLI					
		analisi GIS			screening manuale		rilevi speditivi e valutazioni a scala di area
		1°	2°	3°	4°	5°	6°
CE1. vulcanismo attivo o quiescente	vulcanismo						
CE2. sismicità elevata	pericolosità sismica						
CE3. fenomeni fagliazione	database DISS						
	catalogo ITHACA						
CE4. rischio e/o pericolosità geomorfologica/idraulica	database IFFI						
	Direttiva Alluvioni						
	PAI						
CE5. depositi alluvionali Olocene	alluvioni oloceniche						
CE6. altitudine (>700 m s.l.m.)	topografia						
CE7. pendenza media versanti (>10%)	topografia						
CE8. distanza costa (<5 km), altitudine <20 m s.l.m.	distanza costa						
	quota minima						
CE9. carsismo e sinkholes	rocce solubili						
	carsismo						
	sinkhole						
CE10. livelli piezometrici affioranti	livelli piezometrici						
	specchi d'acqua						
	sorgenti						
	opere presa acquedotti						
CE11. aree naturali protette	aree protette						
	siti UNESCO - MAB						
	oasi naturali						
	distanza da aree protette						
CE12. distanza centri abitati	località 1,2,3 ISTAT						
	densità case sparse						
CE13. distanza strade e ferrovie (<1 km)	infrastrutture esistenti						
CE14. importanti risorse del sottosuolo note	conc./istan. stoc. gas n.						
	conc./istan. idrocarburi						
	conc./istan. geotermia						
	p.ti degassamento INGV						
	p.zzi geotermici UNMIG						
	con./istan. minerali solidi						
	risorse minerarie potenziali						
	risorse geotermiche potenz.						
	cave di pregio (pietre ornam.)						
acque sotterranee							
CE15. attività industriali (RIR), dighe e sbarramenti idraulici (aree potenzialmente inondabili), aeroporti, poligoni	attività industriali a RIR						
	dighe e sbarramenti						
	aree inond. valle dighe						
	aeroporti						
	poligoni attivi						

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Tabella 0/2 – Suddivisione e sequenza di applicazione degli argomenti di approfondimento facenti capo ai diversi criteri ISPRA (in blu argomenti utilizzati per esclusioni, in celeste per classificazione, in viola inquadramento preliminare)

Criteri di approfondimento (ISPRA)	Argomenti	LIVELLI					
		analisi GIS			screening manuale		rilevi speditivi e valutazioni a scala di area
		1°	2°	3°	4°	5°	6°
CA1. manifestazioni vulcaniche secondarie							
CA2. movimenti verticali significativi	<i>dati interferometrici</i>						
CA3. assetto morfostrutturale ed eteropie di facies	<i>carta geologica</i>						
	<i>profili geologici</i>						
CA4. bacini imbriferi endoreici	<i>andamento reticolo idrog.</i>						
CA5. erosione accelerata	<i>indizi erosione</i>						
CA6. condizioni meteo-climatiche							
CA7. parametri fisico-meccanici terreni							
CA8. parametri idrogeologici	<i>parametri</i>						
	<i>grado complessità</i>						
CA9. parametri chimici terreno e falda							
CA10. habitat, specie animali e vegetali e geositi	<i>habitat prioritari/direttiva</i>						
	<i>Important Plant Areas (IPA)</i>						
	<i>Important Birds Areas (IBA)</i>						
	<i>specie categorie IUCN</i>						
	<i>specie direttiva 92/43/CEE</i>						
	<i>specie direttiva 2009/147/CEE</i>						
	<i>habitat direttiva 92/43/CEE</i>						
	<i>connessioni ecologiche</i>						
CA11. produzioni agricole di particolare qualità e tipicità e luoghi di interesse archeologico e storico	<i>produzioni agricole pregio</i>						
	<i>siti UNESCO - WHS</i>						
	<i>vincoli archeologici</i>						
	<i>vincoli storici</i>						
CA12. disponibilità vie comunicazione	<i>vie di comunicazione</i>						
CA13. presenza di infrastrutture critiche rilevanti o strategiche	<i>insediamenti militari</i>						
	<i>impianti e reti energetiche</i>						

Nel corso dell'istruttoria istituzionale di verifica a cui è stata sottoposta la Proposta di Carta nazionale delle Aree Potenzialmente Idonee, nel 2015 sono state effettuate ulteriori elaborazioni finalizzate al recepimento di alcuni rilievi formulati dall'ISPRA. E' stata quindi realizzata una revisione della proposta di CNAPI e della procedura utilizzata per la sua realizzazione inserendo un settimo livello di analisi, specificatamente allo scopo di recepire i rilievi ISPRA, con tracciabilità assicurata nel sistema informativo SIDEN dedicato alla CNAPI (documenti DN GS 00056 e DN GS 00196).

Successivamente al 2015, il protrarsi dei tempi di rilascio dei nulla osta ministeriali alla pubblicazione della proposta di CNAPI ha reso necessario monitorare eventuali modifiche dei database di riferimento utilizzati e procedere a conseguenti ulteriori revisioni della Carta, sempre sotto vigilanza ISPRA/ISIN.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Con riferimento ai livelli di analisi appena descritti, l'applicazione dei criteri ha portato ai risultati quantitativi sintetizzati nella tabella 0/3.

Tabella 0/3 – Percentuali di territorio escluso/non escluso nel corso di ciascun livello di analisi

Livello di analisi	% territorio nazionale escluso da ciascun livello	Superficie rimanente non esclusa (km ²)
1°	97,4	7833 (2,6%)
2°	0,5	6342 (2,1%)
3°	0,4	5174 (1,7%)
4°	0,8	2577 (0,9%)
5°	0,7	726 (0,2%)
6°	0,1	311 (0,1%)
7°		236 (0,08%)
Aggiornamenti post 2015		118 (0,04%)

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



1 CE1 - ESCLUSIONE DELLE AREE VULCANICHE ATTIVE E QUIESCENTI

1.1 GENERALITÀ E STUDIO DI RIFERIMENTO

Il criterio di esclusione CE1 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree vulcaniche attive e quiescenti specificando:

“Sono quelle aree che presentano apparati vulcanici attivi o quiescenti, quali: Etna, Stromboli, Colli Albani, Campi Flegrei, Ischia, Vesuvio, Lipari, Vulcano, Panarea, Isola Ferdinandea e Pantelleria.”

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“Preference should be given to areas or sites where the potential for adverse ... volcanic ... events is sufficiently low that it would not affect the ability of the disposal system to meet safety requirements”*. Tale indicazione non fornisce elementi direttamente utilizzabili in un'analisi territoriale; pertanto si è ritenuto di svolgere un apposito studio per la definizione delle potenziali sorgenti di attività vulcanica e delle più adatte modalità di applicazione del criterio. È stato affidato un incarico all'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG) del CNR. Di seguito si riporta una sintesi dello studio e le conseguenti modalità di applicazione adottate per la redazione della CNAPI. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al documento CNR completo (DN GS 00074 del 2014).

1.2 INTRODUZIONE

Le manifestazioni vulcaniche sono fenomeni complessi che derivano da processi che agiscono a scale temporali e spaziali molto variabili. La genesi dei magmi, guidata da processi di fusione parziale del mantello e/o di anatessi della crosta terrestre, può persistere in una determinata regione della Terra per milioni di anni. È in questa prospettiva che lo studio del vulcanismo di un'area geografica deve essere inquadrato nell'evoluzione geodinamica di quella regione al fine di ricostruirne, e possibilmente prevederne, le dinamiche di lungo periodo.

Anche la differenziazione magmatica, dalla quale dipende in larga misura lo stile eruttivo dei vulcani ed i fenomeni ad esso associati, può evolvere attraverso alternate fasi di attività, quiescenza o latenza che possono durare da pochi anni a molte decine di migliaia di anni. Questo quadro introduttivo, quindi, impone di stabilire un criterio omogeneo per definire le sorgenti vulcaniche rilevanti ai fini dell'applicazione del criterio CE1.

Partendo da una definizione ampiamente accettata nella letteratura scientifica (Szakacs, 1994 e bibliografia citata), sono da considerarsi attivi tutti quei vulcani che hanno eruttato negli ultimi 10 mila anni (cfr. anche *Volcanic Hazards In Site Evaluation For Nuclear Installations, IAEA Safety guide, SSG-21, 2012*).

Tuttavia, nel contesto geodinamico italiano, dove i tempi di ricorrenza delle eruzioni in un medesimo apparato o distretto vulcanico possono essere ben superiori ai 10 mila anni e l'arco di tempo dell'attività vulcanica in alcune province magmatiche è nell'ordine dei milioni di anni, questa definizione, per essere efficace ai nostri scopi, deve essere integrata con il concetto di vulcano quiescente come del resto richiesto dal CE1. Per definire cosa si debba intendere per vulcano quiescente, si possono considerare le indicazioni della sopra citata guida IAEA, che fissano a 10^{-7} eventi/anno la soglia di probabilità oltre la quale una sorgente vulcanica è potenzialmente in grado di influenzare

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



la stabilità di un'installazione nucleare. Tuttavia questa definizione deve essere integrata alla luce delle peculiarità delle aree vulcaniche italiane: infatti, la definizione stessa di vulcano quiescente non può prescindere dallo studio del contesto geodinamico che ha determinato il vulcanismo nelle diverse province magmatiche italiane. Nel prossimo capitolo, sono illustrati tutti gli aspetti rilevanti, nel quadro dell'evoluzione geodinamica dell'Italia, utili alla definizione di sorgente vulcanica quiescente.

Sulla base di queste considerazioni, quindi, e alla luce degli studi presenti nella letteratura scientifica e nelle linee guida dell'ISPRA e della IAEA, saranno distinte e analizzate due tipologie di sorgenti vulcaniche: le sorgenti vulcaniche attive e le sorgenti vulcaniche quiescenti.

Nell'analisi occorre in ogni caso considerare che la letteratura scientifica, i rapporti tecnici e la documentazione cartografica, utile a una elaborazione dei dati geologici e vulcanologici per definire la distribuzione areale e temporale del vulcanismo, è una materia eterogenea e, in alcuni casi, incompleta. Ad esempio, per quello che riguarda i vulcani quiescenti, è ancora di dubbia interpretazione l'alternanza di presunte fasi di quiescenza - fino a centinaia di migliaia di anni - e fasi d'intensa attività vulcanica. In primo luogo, rimane da chiarire se variazioni così ampie nel numero di eventi registrati nell'unità di tempo rappresentino gli effettivi tempi di ricorrenza dell'attività vulcanica oppure se tali variazioni siano dovute a una incompleta conoscenza di alcuni intervalli crono-stratigrafici del vulcanismo italiano.

È questo il caso di alcuni distretti vulcanici dell'Italia peninsulare e insulare dove, sebbene non siano note eruzioni oloceniche, tuttavia le fasi eruttive più recenti e gli intervalli caratteristici di quiescenza sono ancora poco o affatto definiti.

Le conclusioni di questa relazione devono pertanto essere considerate provvisorie in quanto basate sull'analisi dei dati di letteratura che, in molti contesti vulcanici, presentano ancora numerose lacune e aspetti poco conosciuti.

Una revisione critica dei dati disponibili e i limiti alle conoscenze scientifiche attuali sono discussi caso per caso nei capitoli dedicati ai singoli apparati vulcanici. Per quanto riguarda i criteri adottati nella delimitazione degli apparati vulcanici e il relativo inquadramento nell'evoluzione geodinamica dell'Italia, essi sono sostanzialmente basati sull'affinità petrologica e geochemica dei prodotti eruttati.

Infine, vengono illustrati i criteri con i quali sono state delimitate le sorgenti vulcaniche potenzialmente attive in relazione alle specificità di ciascun'area vulcanica e con i quali è stata proposta l'estensione delle aree di esclusione. Il lavoro è stato organizzato in modo da includere livelli progressivi di conoscenza, di completezza e di dettaglio mediante possibili ulteriori fasi di approfondimento, di avanzamento e di complessità.

1.3 INQUADRAMENTO DEL VULCANISMO IN ITALIA

La marcata variabilità, in termini di composizione degli elementi maggiori, minori e isotopica, del vulcanismo plio-quadernario italiano permette una suddivisione in diverse province magmatiche composizionalmente ben distinte l'una dall'altra. Secondo la definizione proposta da Peccerillo (2005), una provincia magmatica è una regione relativamente limitata e circoscritta in cui le rocce ignee, con peculiari e ben distinte

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



caratteristiche composizionali o affinità petrochimiche, sono state messe in posto in un lasso di tempo relativamente breve, di alcuni milioni di anni o meno. Alla base di questa definizione c'è l'assunzione che magmi strettamente associati nello spazio e nel tempo, sono probabilmente legati a contesti geodinamici comuni, il che rappresenta un importante elemento di differenziazione delle province magmatiche. A partire da questa definizione, il vulcanismo plio-quadernario in Italia è stato distinto in diverse province comagmatiche sinteticamente descritte come segue:

Provincia Toscana. Comprende sia rocce felsiche che mafiche. Le prime includono magmi anatectici cristallini o misti con fusi di origine mantellica. Le rocce mafiche variano da calcicalcine a shoshoniti a termini ultrapotassici (Poli et al. 1984; Conticelli and Peccerillo 1992; Conticelli et al. 2002).

Provincia Intra-appenninica. Questa provincia comprende pochi centri monogenici dispersi nell'area dell'Appennino centrale ed è caratterizzata da rocce ultrapotassiche, kamafugiti e rare carbonatiti (Stoppa e Woolley, 1997). Alcune di queste rocce piroclastiche sono state tuttavia recentemente reinterpretate come prodotti distali del complesso dei Colli Albani (Giaccio et al., 2013).

Provincia Romana. Comprende rocce potassiche e ultrapotassiche degli apparati vulcanici dei Vulsini, Vico, Sabatini e Colli Albani. Le rocce potassiche comprendono la serie trachibasalti, latiti e trachiti mentre la serie ultrapotassica copre lo spettro compreso tra le tefriti leucitiche e le fonoliti leucitiche. Questa provincia è caratterizzata da un elevato grado di esplosività con voluminosi corpi piroclastici prevalenti su quelli effusivi.

Provincia della Valle Latina - Roccamonfina. Rocce potassiche e ultrapotassiche simili alla quelle della Provincia Romana, ma con caratteri geochemici che possono rientrare nella variabilità dell'adiacente provincia Campania (si veda oltre).

Provincia Campana. Rocce prevalentemente potassiche e ultrapotassiche degli apparati del Somma-Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia e Isole Pontine, ma comprendente anche esempi di prodotti calcicalcinali generalmente di età pliocenica (Isole Pontine e sondaggi in Campania). Alcuni aspetti di geochemica isotopica mostrano più affinità con l'arco delle Eolie che con la Provincia Romana.

Monte Vulture. Costituisce un vulcano isolato al margine esterno della catena dell'Appennino meridionale, caratterizzato da rocce alcaline arricchite sia in Na₂O e K₂O (De Fino et al, 1986). L'attività finale esplosiva si contraddistingue per la presenza di carbonatiti (Stoppa and Woolley 1997).

Provincia delle Isole Eolie. È distinta in tre settori: occidentale, centrale e orientale. L'occidentale (Alicudi, Filicudi, Salina) è costituito da rocce calcicalcinali tipiche di arco insulare. Il settore centrale (Vulcano e Lipari) è caratterizzato da rocce a composizione variabile da calcicalcine a shoshoniti a rocce felsiche. Le isole orientali (Panarea e Stromboli) sono costituite da rocce a composizione calcicalcina e alcalino-potassica.

Provincia Siciliana. Comprende i numerosi vulcani attivi o ad attività recente dell'Etna, Iblei, Ustica, Linosa e Pantelleria e alcuni *seamounts* caratterizzati, con l'eccezione delle rioliti peralcaline di Pantelleria, da rocce mafiche-intermedie ad affinità tholeitiche di intraplacca e/o alcalino-sodiche.

Provincia della Sardegna. Questa provincia è costituita da vulcani centrali, altopiani basaltici e centri monogenetici caratterizzati da rocce tholeitiche e/o alcalino-sodiche.

Fondale tirrenico. Comprende numerosi vulcani con diversi caratteri composizionali ed affinità che includono rocce calcicalcinali, tholeitiche, sodico-transizionali e alcaline.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



1.4 IL VULCANISMO ATTIVO

In questo capitolo vengono analizzati i vulcani attivi italiani, ossia gli apparati o distretti vulcanici che hanno dato luogo ad eruzioni negli ultimi 10 mila anni. Questi vulcani sono i Campi Flegrei, Ischia, il Vesuvio, Lipari, Vulcano, Stromboli, Isola Ferdinandea, Pantelleria, Etna e i *seamount* del Tirreno centrale e meridionale e del Canale di Sicilia. Sebbene l'eruzione nota più giovane sull'isola di Panarea risalga a 45 mila anni fa, si è deciso di includere quest'isola nell'elenco dei vulcani attivi in base a studi geochimici e vulcanologici pubblicati in merito all'eruzione geotermica del novembre 2002 avvenuta sui fondali dell'isola. Un'eccezione analoga rispetto alla definizione di vulcanismo attivo è rappresentata dai Colli Albani la cui attività eruttiva più recente è avvenuta circa 36 mila anni fa. In questo caso l'inclusione nell'elenco dei vulcani attivi deriva dalla presenza di sismicità superficiale che assume periodicamente caratteristiche di sciami sismici, dalla presenza di deformazioni (sollevamento) in atto da alcuni decenni e dalla presenza nel sottosuolo di una zona a bassa velocità delle onde sismiche interpretata da alcuni autori come evidenza di una camera magmatica poco profonda.

Si evidenzia che l'elenco dei vulcani attivi riportato di seguito coincide con quello riportato da INGV (<https://ingvvulcani.wordpress.com/vulcani-in-italia/>) con in più Panarea e i *seamount*.

Distretto vulcanico dei Colli Albani

L'attività del Distretto Vulcanico dei Colli Albani può essere suddivisa in tre principali fasi caratterizzate da stili eruttivi e magnitudo molto diverse tra loro (es. de Rita et al., 1988; 1995; Giordano et al., 2006; Marra et al., 2009) comprese tra 561 mila e 36 mila anni fa. Attualmente l'area dei Colli Albani è caratterizzata da intense e diffuse emissioni di gas. In particolare, sono presenti emissioni di CO₂ (oltre 500 tonnellate al giorno; Chiodini e Frondini, 2001) e H₂S ad alta pressione che, in seguito a perforazioni di pozzi a poche decine di metri di profondità, hanno dato luogo a incidenti e a vere e proprie eruzioni di gas (Barberi et al., 2007). Le emissioni di gas sono localizzate prevalentemente lungo le faglie che orlano le strutture di *horst* carbonatiche sepolte sotto i depositi vulcanici (Carapezza e Tarchini, 2007). Inoltre, è stata rilevata una stretta relazione tra sismicità nell'area albana e rilascio di CO₂ (Chiodini e Frondini, 2001). In particolare, l'area dei Colli Albani è stata interessata da sciami sismici che sono durati da pochi giorni ad alcuni mesi con associate anomalie nel flusso di gas (Chiodini e Frondini, 2001).

Infine, negli ultimi anni sono state misurate deformazioni crostali nell'area già interessata da attività sismica e sede della fase più recente di attività vulcanica (margine occidentale della Caldera del Tuscolano-Artemisio) con un sollevamento medio annuo tra il 1993 e il 2000 di 2,6 mm/anno (Salvi et al., 2004).

I Campi Flegrei

L'area vulcanica dei Campi Flegrei è caratterizzata dalla presenza di un elemento dominante, la caldera dei Campi Flegrei, che ha una struttura complessa formatasi in seguito a due eventi vulcanici principali: l'eruzione dell'Ignimbrite Campana, avvenuta circa 39 mila anni fa, e l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano, avvenuta circa 15 mila anni fa. La fase eruttiva successiva è stata caratterizzata da alcune decine di eruzioni (oltre

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



70; Orsi et al., 2009), con l'ultimo evento registrato ai Campi Flegrei, l'eruzione del Monte Nuovo, avvenuta nel 1538 AD. Queste eruzioni posteriori all'eruzione del Tufo Giallo Napoletano sono dominate da attività prevalentemente esplosiva sia magmatica che idromagmatica e tendono ad essere concentrate in almeno 3 cluster con tempi di riposo medi intorno a 50 anni. A queste fasi in intensa attività, si sono alternate fasi di quiescenza della durata anche di alcune migliaia di anni.

Per quanto riguarda la definizione degli scenari futuri, si ritiene appropriato, in questa prima fase di valutazione, prendere a riferimento la storia eruttiva flegrea degli ultimi 5 mila anni e, in accordo con quanto proposto da Orsi et al., (2009), riferirsi all'evento con la magnitudo più elevata registrato in questo intervallo temporale: un'eruzione intracalderica con volume delle piroclastiti $>0,4 \text{ km}^3$, una magnitudo >5 ed un'area soggetta a *fallout* di tefra con spessori $\geq 1 \text{ cm}$ maggiore di 1000 km^2 .

Ischia

L'isola di Ischia, rappresenta la parte emersa di un vulcano ubicato circa 35 km a ovest di Napoli. Dal punto di vista morfologico e strutturale, Ischia è dominata da un rilievo centrale, il Monte Epomeo, che rappresenta la parte più rilevata di un *horst* vulcano-tettonico.

Dal punto di vista dell'evoluzione, l'attività eruttiva ischitana può essere schematizzata in quattro fasi principali (Rittmann 1930; Gillot et al. 1982; Poli et al. 1987; Vezzoli 1988; Civetta et al. 1991) comprese tra 150 mila anni fa e il 1302 d.C..

Attualmente l'isola è interessata da un'intensa attività fumarolica e idrotermale legate alla presenza di una camera magmatica relativamente superficiale. Sono inoltre attivi fenomeni di deformazione del suolo.

Un aspetto rilevante ai fini della valutazione della pericolosità vulcanica è la possibilità che una fase di deformazioni indotta da una risalita di magma possa generare sismicità e fenomeni di instabilità gravitativa (Paoletti et al., 2009). Alcuni lavori recenti hanno evidenziato come una ripresa dell'attività vulcanica possa favorire il collasso a mare del settore nord occidentale del Monte Epomeo, e possa esporre la fascia costiera campana a onde di tsunami alte oltre 5 m (Zaniboni et al. 2013).

Il Vesuvio

L'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio è costituito da due strutture coalescenti: il Monte Somma e il cono del Vesuvio, formatosi all'interno della caldera dopo l'eruzione del 79 d.C. di Pompei.

Schematicamente, l'evoluzione del Somma-Vesuvio può essere riassunta in una successione di quattro periodi eruttivi principali (Peccerillo, 2005 e bibliografia citata) compresi tra 39 mila anni e il 1944 AD.

A partire dal 1944 il Vesuvio è entrato in una fase di quiescenza che ha chiuso un periodo "a condotto aperto" di oltre tre secoli. Nella scelta dello scenario di riferimento futuro, cautelativamente si è deciso di adottare un criterio più conservativo di quanto sia stato fatto nei Piani di Emergenza DPC, cioè di considerare come scenario di riferimento una possibile eruzione pliniana con VEI5, cioè un'eruzione con le caratteristiche di maggiore energia tra quelle registrate al Vesuvio e, quindi la più distruttiva.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Il sistema vulcanico Vulcano-Lipari

Si tratta di un grande sistema vulcanico che include sia l'isola di Vulcano che l'isola di Lipari (Gioncada et al., 2003) le cui crisi sismiche e deformazioni del suolo avvenute negli ultimi decenni mostrano infatti una stretta interrelazione nelle due isole (Sheridan et al., 1985). L'attività vulcanica può essere riassunta in varie fasi principali comprese tra 220 mila anni fa e il 1890 (fine dell'ultima eruzione a Vulcano).

Attualmente l'attività è caratterizzata dalla presenza di sismicità diffusa, deformazioni del suolo ed emissioni gassose. Lo scenario più gravoso, dal punto di vista del rischio vulcanico, è rappresentato da un'eruzione esplosiva presso il vulcano della Fossa con l'emissione di *surge* piroclastici (Frazzetta et al., 1984). Sono infine segnalati fenomeni di instabilità gravitativa di versanti marini e subaerei con potenziale tsunamigenico da valutare.

Stromboli

Il vulcano Stromboli è formato da due strutture emerse, l'isola principale e la piccola isola di Strombolicchio. L'attività eruttiva può essere riassunta in 5 fasi principali di età compresa tra 200 mila anni e l'attuale. L'attuale attività dello Stromboli è caratterizzata da eruzioni, anche prolungate, a condotto aperto con caratteristiche di esplosività generalmente basse, intervallate ogni qualche decennio da eruzioni potenzialmente in grado di interessare tutta la superficie dell'isola. Oltre all'attività eruttiva in sé, risulta importante il potenziale tsunamigenico legato prevalentemente ai fenomeni di instabilità gravitativa ai quali è soggetta la Sciara del Fuoco.

Panarea

Dal punto di vista della storia eruttiva, l'attività vulcanica di Panarea può essere riassunta in sei fasi principali di età compresa tra 150 mila e 45 mila anni fa. L'attuale attività è testimoniata da evidenze geochimiche che mostrano una significativa componente magmatica negli episodi di violento degassamento avvenuti nelle acque circostanti l'isola negli ultimi anni e da deformazioni recenti originate dalle dinamiche endogene del sistema magmatico (Chiodini et al., 2006; Tallarico et al., 2003).

Seamount nel Canale di Sicilia e Isola Ferdinandea

Sui fondali del Canale di Sicilia, ad una distanza minima dalla costa di circa 50 km, sono stati riconosciuti almeno una decina di vulcani sottomarini recenti di varie dimensioni (Calanchi et al. 1989). Alcuni di questi vulcani hanno dato luogo ad eruzioni in epoca storica. In particolare l'Isola Ferdinandea (nota anche come Banco Graham) che si formò a seguito di un'eruzione nel 1831 e poi rapidamente smantellata dall'erosione marina, raggiunge oggi una quota massima di circa 9 m sotto il livello del mare. Attualmente la zona dei *seamount* della Sicilia, almeno per quanto riguarda le aree oggetto di esplorazione oceanografica, è pervasa da emissioni di gas con una significativa impronta geochimica profonda.

Pantelleria

L'isola di Pantelleria è la parte emersa di un vulcano che si eleva oltre 1000 m dal fondo marino e la sua attività è compresa tra 324 mila e 4 mila anni fa. È inoltre segnalata un'eruzione sottomarina nel 1891 (Vulcano Foerstner) a circa 5 km dalla costa. L'isola

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



attualmente è sede di emissioni di gas e di un sistema geotermico complesso originato da un miscelamento di acque meteoriche, acqua marina e brine di origine profonda.

Etna

Dal punto di vista dell'evoluzione, la storia eruttiva dell'Etna può essere distinta in quattro principali fasi di attività comprese tra 580 mila anni fa e l'attuale. L'attività recente dell'Etna si è manifestata con un'alternanza tra eruzioni sommitali ed eruzioni eccentriche. Ai fini della definizione di scenari eruttivi di riferimento, il dato rilevante è che la storia geologica dell'Etna è scandita anche da alcuni eventi esplosivi con associati fenomeni di collasso di versante.

Seamount nel Tirreno centrale e meridionale

Il fondo del Tirreno è costellato da numerosi *seamount* vulcanici la cui cronologia assoluta delle eruzioni, fasi di evoluzione e stili eruttivi sono ancora poco conosciuti. Ad oggi solo per il Marsili è stata documentata attività olocenica (5000 e 3000 anni fa; Iezzi et al., 2014). Uno degli aspetti più rilevanti riguarda la possibilità che i fianchi dei *seamount*, già sede di alterazione idrotermale pervasiva, possano collassare e generare tsunami.

1.5 IL VULCANISMO QUIESCENTE

Il vulcanismo dell'Italia peninsulare e insulare è caratterizzato da un'ampia varietà di litotipi a testimonianza di un assetto geodinamico della regione piuttosto complesso, la cui evoluzione è legata alla formazione dell'orogene appenninico e all'apertura del bacino tirrenico (e.g., Mantovani et al. 1997; Doglioni et al. 1999; Cavazza e Wezel 2003).

Sulla base delle età, della distribuzione geografica e delle affinità petrologiche e geochemiche, il vulcanismo che ha interessato l'Italia peninsulare mostra una polarità geochemica orientata da W verso E (Serri et al., 1993; Serri 1997; Savelli 2000; 2002) e può essere distinto in quattro "fasi magmatiche" principali. La *fase I* (15–14 Ma) è associata all'inizio dello smembramento dell'orogene Alpino ed ha interessato principalmente il Tirreno settentrionale (Corsica alpina). La *fase II* (8–6 Ma) è caratterizzata dalla messa in posto di plutoni magmatici di composizione granodioritica e granitica ed è da mettere in relazione con la prosecuzione dell'apertura del bacino tirrenico che interessa settori via via più meridionali (Isola d'Elba occidentale, Isola di Montecristo, Vercelli *Seamount*, vulcaniti dell'isola di Capraia). Il vulcanismo della *fase III* (6–2 Ma) è localizzato più ad est rispetto alle fasi precedenti (Elba orientale Isola del Giglio, Gavorrano, Castel di Pietra, Campiglia, Monteverdi, S. Vincenzo, Roccastrada, Montecatini-Val di Cecina, Orciatico, distretto Tolfetano-Cerete-Manziate). La *fase IV* (1,3–0.03 Ma) è caratterizzata principalmente dal vulcanismo alcalino-potassico della Provincia Laziale dei distretti vulcanici Vulsino, Sabatino, Vicano e dei Colli Albani; a questa fase appartengono anche il distretto di Torre Alfina, Radicofani, il vulcanismo dell'Amiata, della Valle Latina, di Roccamonfina delle Isole Pontine, dei centri vulcanici minori intra-appenninici e del Monte Vulture. Attualmente l'area interessata dalla fase IV di vulcanismo presenta un elevato flusso di calore (50-120 mW/m², Mongelli e Zito, 1991). Seppure il termine di "vulcano quiescente" si riferisca formalmente soltanto ai "vulcani il cui tempo di riposo attuale è inferiore al più lungo periodo di riposo registrato in

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



precedenza" (<http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-vulcanico/vulcani-italia>), si è ritenuto di ampliare il concetto e di considerare quiescenti tutti i distretti e apparati vulcanici che appartengono alla sopra citata fase IV di attività perché il vulcanismo che si è prodotto in questa fase è espressione del quadro geodinamico tuttora in atto.

Inoltre, pur se ininfluenti ai fini dell'applicazione del criterio (si veda oltre), possono essere ritenute quiescenti anche le attività vulcaniche delle Isole Eolie occidentali (Salina, Filicudi e Alicudi), di Ustica e dell'isola di Linosa.

Di seguito l'elenco dei vulcani quiescenti Italiani.

Monte Amiata

Il Monte Amiata è un edificio vulcanico lineare la cui attività, prevalentemente effusiva si è sviluppata in tre fasi tra circa 400 mila e 200 mila anni fa. Seppure più antico (1,3 Ma), si ritiene che anche il centro vulcanico di Radicofani debba essere associato al vulcanismo alcalino potassico dell'Amiata e come tale inserito nel quadro del vulcanismo alcalino-potassico tosco-laziale.

Distretto Vulcanico dei Monti Vulsini

Le successioni vulcaniche del Distretto Vulsino sono prevalentemente costituite da piroclastiti ed in misura subordinata da colate di lava estese su una superficie di oltre 2000 km². La storia eruttiva, può essere suddivisa in cinque fasi principali di età compresa tra circa 600 mila e 130 mila anni fa.

Distretto Vulcanico dei Monti Sabatini

L'evoluzione del Distretto vulcanico dei Monti Sabatini, caratterizzata da un ampio spettro di stili eruttivi e magnitudo, può essere suddivisa in quattro fasi principali di attività di età compresa tra circa 800 mila e 90 mila anni fa

Distretto Vulcanico di Vico

Il Distretto Vulcanico Vicano è formato da un singolo stratovulcano troncato nell'area sommitale da una caldera poligenetica oggi occupata dal lago di Vico. L'attività presenta tre fasi principali di età compresa tra circa 420 mila e 120 mila anni fa.

Il vulcanismo della Valle Latina

L'area vulcanica della Valle Latina è parte della porzione meridionale della Provincia Comagmatica Romana e presenta un'età compresa tra circa 410 e 230 mila anni fa.

Roccamonfina

Questo edificio vulcanico composito ha un diametro di base di circa 20 km. La sua evoluzione può essere sintetizzata in tre principali fasi di attività di età compresa tra circa 500 mila e 150 mila anni fa.

Distretto vulcanico del Monte Vulture

Il Monte Vulture è il sistema vulcanico più orientale nell'ambito del magmatismo Plio-Quaternario italiano e si trova in una regione lungo il fronte compressivo appenninico più

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



esterno, determinando specifiche caratteristiche composizionali. L'attività vulcanica si è manifestata in tre fasi principali di età compresa tra circa 800 mila e 130 mila anni fa.

Centri vulcanici minori intra-appenninici

Il vulcanismo intra-appenninico ha dato luogo ad una serie di piccoli centri monogenici caratterizzati da una limitata dispersione dei prodotti piroclastici e da piccole colate di lava. Vengono riconosciuti tre centri sicuramente radicati: San Venanzo (circa 265 mila anni), Cupaello (circa 639 mila anni) e Polino (circa 246 mila anni).

Isole Pontine

Nell'arcipelago delle Pontine può essere considerato quiescente il vulcanismo dell'isola di Ventotene, di S. Stefano e l'attività recente dell'isola di Ponza, vulcanismo con caratteristiche affini a quelle della Provincia Campana (Peccerillo, 2005). La loro età è compresa tra circa 1 Ma e 150 mila anni fa.

Logudoro

A seguito di un esame delle caratteristiche del vulcanismo sardo e delle sue origini (Gasperini et al. 2000; si veda anche rapporto CNR), si ritiene che il vulcanismo del campo vulcanico di Logudoro, caratterizzato dalla presenza di numerosi centri monogenici ad attività da effusiva debolmente esplosiva, debba essere inserito tra i vulcani quiescenti italiani. Ciò anche tenendo conto della distribuzione temporale dell'attività (da 2,4 a 0,1 Ma).

Il vulcanismo quiescente del Tirreno meridionale e del Canale di Sicilia

Si ritiene debba essere ritenuto quiescente il vulcanismo delle isole di Salina (430-13 mila anni), Filicudi (200-40 mila anni), Alicudi (106-28 mila anni), Ustica (750-130 mila anni) e Linosa (1,06-0,53 Ma).

1.6 DEFINIZIONE DELLE AREE DI ESCLUSIONE NEL PRIMO LIVELLO DI ANALISI

Sulla base delle caratteristiche delle sorgenti vulcaniche attive e quiescenti illustrate sin qui, sono state modulate le aree di esclusione da applicare nel primo livello di analisi. Queste caratteristiche includono gli stili eruttivi, le affinità magmatologiche, la cronologia assoluta delle eruzioni e, dove disponibili, i parametri eruttivi fondamentali (VEI - "Volcanic Explosivity Index", magnitudo, areale di dispersione dei prodotti). Inoltre, per ciascun distretto o apparato vulcanico è stata definita, sulla base della letteratura disponibile, la distribuzione areale delle sorgenti vulcaniche, distinguendo i **crateri** e le **caldere**. La posizione di queste sorgenti è stata presa come elemento di riferimento per la modulazione delle distanze.

Per definire le aree di esclusione, sono stati considerati in particolare quei fenomeni vulcanici, quali l'apertura o la riattivazione di bocche eruttive, che per loro natura precludono la possibilità che un'area possa essere considerata nella selezione dei siti idonei [IAEA SSG21, 2012]. In alcuni casi in cui le conoscenze disponibili risultano

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



insufficienti a definire il livello di dettaglio richiesto, sono state effettuate estrapolazioni da casi di studio simili (analoghi vulcanologici).

L'estensione delle aree di esclusione è stata differenziata tra vulcani attivi e quiescenti, così come sopra definiti.

Per i vulcani attivi, si è modulata la distanza di esclusione considerando le aree interessate dai fenomeni eruttivi escludenti (IAEA SSG21, 2012) registrati nel record geologico.

Per i vulcani quiescenti, si è modulata la distanza di esclusione per tutte le aree che possono essere interessate da fenomeni significativi ai fini dell'esclusione (IAEA SSG21, 2012) quali l'apertura di bocche eruttive e fenomeni associati (v. oltre), con una probabilità maggiore di 10^{-7} (v. tabella a pag. seguente ove in arancio scuro è evidenziato il fenomeno dell'apertura di bocche eruttive, in arancio chiaro gli altri fenomeni significativi per le esclusioni e in grigio chiaro i fenomeni non significativi ai fini esclusori). La modulazione della distanza ha avuto in sostanza l'obiettivo di ridurre in modo significativo la probabilità di apertura di nuovi centri eruttivi e significativi fenomeni deformativi nelle aree non escluse.

TABLE 1. VOLCANIC PHENOMENA AND ASSOCIATED CHARACTERISTICS THAT COULD AFFECT NUCLEAR INSTALLATIONS, WITH IMPLICATIONS FOR SITE SELECTION AND EVALUATION AND DESIGN (IAEA - SSG-21 - 2012)			
Phenomena	Potentially adverse characteristics for nuclear installations	Considered an exclusion condition at site selection stage?	Can effects be mitigated by measures for design and operation?
1 Tephra fallout	Static physical loads, abrasive and corrosive particles in air and water	No	Yes
2 Pyroclastic density currents: pyroclastic flows, surges and blasts	Dynamic physical loads, atmospheric overpressures, projectile impacts, temperatures >300°C, abrasive particles, toxic gases	Yes	No
3 Lava flows	Dynamic physical loads, floods and water impoundments, temperatures >700°C	Yes	No
4 Debris avalanches, landslides and slope failures	Dynamic physical loads, atmospheric overpressures, projectile impacts, water impoundments and floods	Yes	No
5 Volcanic debris flows, lahars and floods	Dynamic physical loads, water impoundments and floods, suspended particulates in water	Yes	Yes
6 Opening of new vents	Dynamic physical loads, ground deformation, volcanic earthquakes	Yes	No
7 Volcano generated missiles	Particle impacts, static physical loads, abrasive particles in water	Yes	Yes
8 Volcanic gases and aerosols	Toxic and corrosive gases, acid rain, gas charged lakes, water contamination	No	Yes
9 Tsunamis, seiches, crater lake failure and glacial burst	Water inundation	Yes	Yes
10 Atmospheric phenomena	Dynamic overpressures, lightning strikes, downburst winds	No	Yes
11 Ground deformation	Ground displacements, subsidence or uplift, tilting, landslides	Yes	No
12 Volcanic earthquakes and related hazards	Continuous tremor, multiple shocks, usually earthquake magnitude $M < 5$	No	Yes
13 Hydrothermal systems and groundwater anomalies	Thermal water, corrosive water, water contamination, inundation or upwelling, hydrothermal alteration, landslides, modification of karst and thermokarst, abrupt change in hydraulic pressure	Yes	Yes

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Per quanto riguarda in particolare i crateri, con particolare riferimento ai centri monogenici (coni di scorie e associate colate di lava associate, maar, coni di tufo etc.), le aree di esclusione sono state definite tenendo conto dei seguenti aspetti:

- contesto geologico strutturale nell'ambito dei singoli apparati o distretti vulcanici;
- volumi emessi;
- stile eruttivo;
- cronologia assoluta dei prodotti emessi ed eventuali trend nell'attività eruttiva.

Poiché le variazioni negli stili eruttivi (quali ad esempio la transizione da attività magmatica a idromagmatica e viceversa) possono dipendere da molteplici fattori locali difficili da modellizzare e, quindi, da prevedere, per determinare i fattori che influenzano l'estensione delle aree di esclusione è utile tenere presente che:

- 1) la distribuzione areale dei centri eruttivi è espressione dell'interazione tra vulcanismo e assetto geologico-strutturale della regione;
- 2) la quantità massima di energia che può essere liberata nel corso di un'eruzione è funzione del volume totale di magma eruttato.

Tipicamente, i centri monogenici attivi e quiescenti del vulcanismo italiano sono caratterizzati da volumi emessi di magma inferiori a 1 km³ e dimensioni dei crateri che raramente superano 1,5 km di diametro. Sulla base di quanto appena esposto, per quanto riguarda i **crateri quiescenti**, si è ritenuto che debbano essere cautelativamente escluse le aree entro **5 km** dai centri monogenici quiescenti, con distanza misurata dal bordo del cratere. Per questa fase di analisi, la distanza di 5 km è stata ritenuta appropriata per le seguenti motivazioni:

- è una distanza minima che, in prima approssimazione, involuppa le vie preferenziali di risalita di magma che hanno alimentato l'attività dei centri monogenici;
- in caso di *unrest* vulcanico (non necessariamente associato ad eruzioni), la distanza di 5 km può essere considerata la distanza minima entro la quale possono avvenire deformazioni del suolo e anomalie fisico-chimiche nei sistemi geotermici e idrotermali tali da configurarsi come "aree di esclusione" secondo la definizione IAEA 2012.

Le stesse considerazioni valgono anche per le **caldere degli apparati quiescenti**, con la sola differenza che l'area esclusa risulta generalmente maggiore in quanto la distanza di esclusione di 5 km viene misurata dalle faglie bordiere e/o dagli orli morfologici delle caldere stesse.

Per quanto riguarda i **centri monogenici riconducibili ad aree vulcaniche attive**, si è ritenuto che debbano essere cautelativamente escluse le aree entro **40 km** dai centri stessi (caldere incluse), con distanza misurata dall'inviluppo delle bocche eruttive. Il criterio di involuppo di **40 km** tiene conto non solo degli aspetti considerati per i vulcani quiescenti appena discussi, ma anche dei seguenti aspetti:

- in base alle caratteristiche dei flussi piroclastici (mobilità, pressione dinamica, temperatura, *runout distance*) associati ai centri monogenici di alcune aree vulcaniche attive (con particolare riferimento ai Campi Flegrei), aree di 40 km intorno ai crateri possono essere considerate come "aree di esclusione" secondo la definizione IAEA 2012;

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- pur nella variabilità delle condizioni al contorno che determinano gli stili eruttivi (quale ad esempio la fluttuazione della falda acquifera in funzione della variabilità climatica) nell'attività dei centri monogenici deve rimanere fermo il principio cautelativo esposto sopra per il quale è il volume di magma atteso (ordini di grandezza) a determinare la quantità di energia che può essere liberata nel corso di un'eruzione.

Per quanto riguarda le aree di esclusione entro un raggio di 40 km dalle **caldere dei vulcani attivi**, la scelta è stata inoltre determinata sulla base delle caratteristiche delle grandi eruzioni esplosive (con volumi emessi per singoli eventi superiori a 1 km³ fino a decine di km³; VEI 5) e dei flussi piroclastici ad esse associati (mobilità, pressione dinamica, temperatura, *runout distance*) che configurano per tali aree caratteri di preclusione secondo la definizione IAEA 2012. Si evidenzia infine che per il Vesuvio tale distanza involuppa all'incirca le «zone di pericolosità» definite dal Dipartimento Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/dossier/dettaglio/-/asset_publisher/default/content/aggiornamento-del-piano-nazionale-di-emergenza-per-il-vesuvio).

Nella seguente fig. 1.6/1 è riportata la sintesi delle esclusioni sopra descritte per tutto il territorio nazionale. Si tratta dell'8% circa del territorio complessivo.

A seguire vengono brevemente descritte in maggior dettaglio le esclusioni operate nelle varie aree dell'Italia centrale e meridionale.

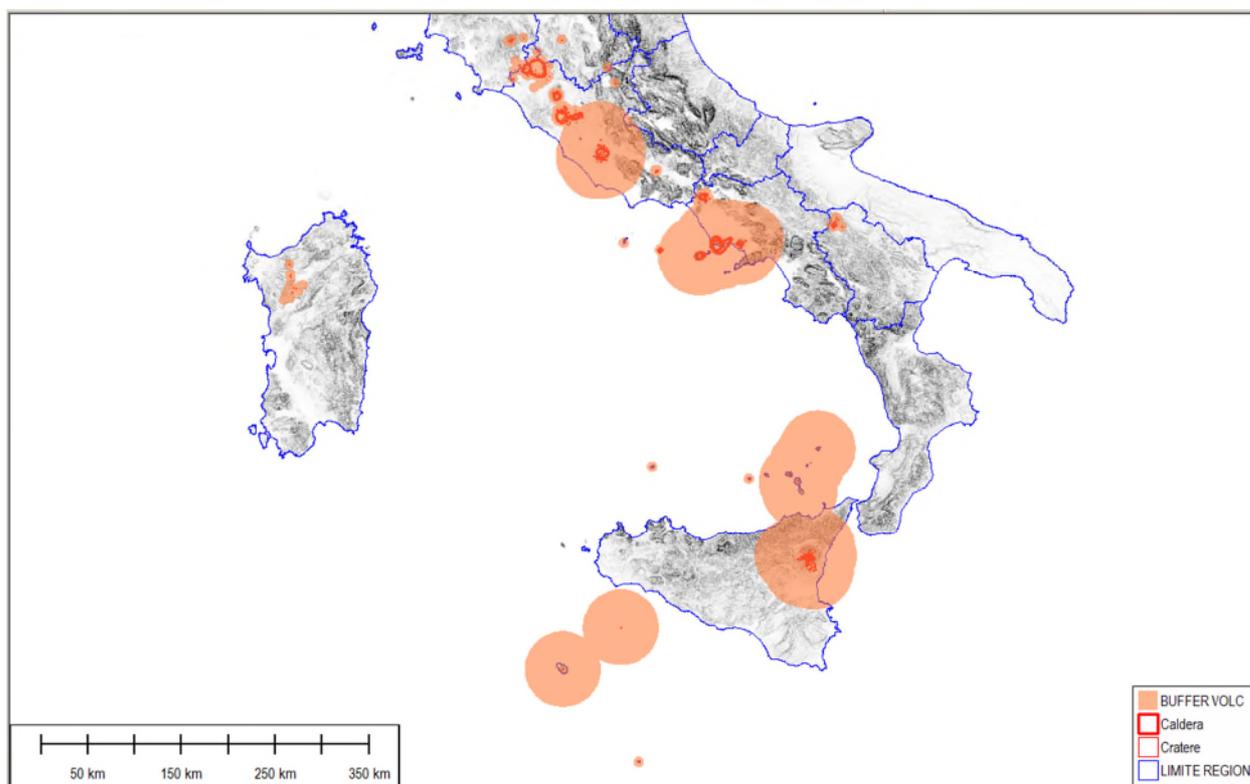


Figura 1.6/1 - Aree del territorio nazionale interessate da esclusione per la presenza di aree vulcaniche attive e quiescenti. Sono riportati tutti i crateri e caldere la circostante campitura arancione che identifica le aree oggetto di esclusione

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Umbria, Toscana e Lazio settentrionale

Le aree di esclusione delle regioni Umbria, Toscana e Lazio settentrionale (Fig. 1.6/2) sono legate alla presenza delle sorgenti vulcaniche quiescenti del Monte Amiata e Radicofani, del Distretto Vulcanico dei Monti Vulsini, del Distretto Vulcanico Vicano e dei centri vulcanici minori intra-appenninici di San Venanzo e Polino.

Per quanto riguarda l'attività dell'Amiata, le sorgenti vulcaniche puntuali (crateri) sono allineate lungo le due principali direttrici vulcano-tettoniche NE-SO e NNO-SSE e sono distribuite su un'area piuttosto circoscritta nella porzione morfologicamente più rilevata. Il tipo di attività vulcanica (prevalentemente alimentata da magmi differenziati associati alla messa in posto di domi lavici) e la distribuzione temporale dell'attività vulcanica hanno suggerito di considerare, ai fini dell'esclusione della fase I del processo di localizzazione della GT29, una distanza di esclusione di 5 km da ogni singolo centro eruttivo di tutte le sorgenti vulcaniche conosciute. Anche nel caso del centro eruttivo di Radicofani, al quale è riconducibile un'attività prevalentemente effusiva, è stata ritenuta appropriata una zona di prima esclusione di 5 km di raggio intorno al punto di emissione.

Il Distretto Vulcanico dei Monti Vulsini, caratterizzato da una storia eruttiva lunga e complessa, è caratterizzato dalla presenza di numerosi crateri dispersi su un'area molto vasta i cui punti estremi distano tra loro oltre 30 km. Si tratta di centri monogenici la cui attività ha avuto un carattere debolmente esplosivo sia magmatico che idromagmatico.

Altri elementi caratterizzanti questa area vulcanica sono le caldere di Latera e di Bolsena, situate nelle aree più centrali del distretto vulcanico, che sono espressione morfologica di corpi magmatici relativamente superficiali drenati nel corso di eruzioni esplosive. La presenza di strutture tettoniche di rilevanza crostale intorno alla caldera di Latera e di Bolsena, già via preferenziale di risalita di magmi e di attività vulcanica in passato, rende necessaria la definizione di un *buffer* di 5 km nelle porzioni circostanti le due caldere. Inoltre, da un'analisi dei dati di letteratura, si è rilevato come la distribuzione areale dei prodotti associati ai centri monogenici magmatici (coni di scorie) e idromagmatici (maar) sia cartografata nella bibliografia disponibile in aree adiacenti ai centri stessi. Su questa base si ritiene appropriato il criterio di esclusione di una fascia di 5 km da ciascuno dei crateri riportati in letteratura nell'area vulsina. Al momento non sono disponibili studi in letteratura sulla pericolosità vulcanica di questo distretto.

Il Distretto Vulcanico di Vico è un edificio centrale troncato da una caldera sommitale e da attività post-calderica da effusiva a moderatamente esplosiva. Sebbene non siano noti in letteratura segnali associati ad attività magmatica come deformazioni cristalline o sismicità, si ritiene che le aree pericalderiche, interessate da fagliazione di importanza crostale e possibile via di risalita di magmi e di deformazioni di origine vulcano-tettonica, debbano rientrare nelle zone di prima esclusione con una fascia di almeno 5 km. L'area di esclusione già attribuita alla caldera racchiude l'unico centro intracalderico vicano noto con un'estensione areale tale da non rendere necessarie ulteriori prescrizioni per questo centro.

Per i centri minori intra-appenninici umbri di San Venanzo e Polino e quello laziale di Cupaello, ubicato a ridosso della piana di Rieti, con volumi emessi molto modesti, attività eruttiva da effusiva a debolmente esplosiva, e aree di dispersione molto limitate, si ritiene che un'area di 5 km di raggio sia adeguata a definire la zona di prima esclusione.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



In conclusione, per le regioni Umbria, Toscana e Lazio settentrionale, vi sono alcuni aspetti che riguardano la complessa interazione tra mobilità dei flussi piroclastici, meccanismi eruttivi e fattori locali (ad es. legati all'orografia delle zone pericalderiche) che sono stati affrontati marginalmente nella letteratura scientifica e non allo scopo di definire la pericolosità vulcanica. Una valutazione completa della pericolosità vulcanica necessita di analisi puntuali per la completa definizione degli scenari eruttivi che potrà essere effettuata esclusivamente nelle fasi II e III della procedura di localizzazione indicata nella GT29.

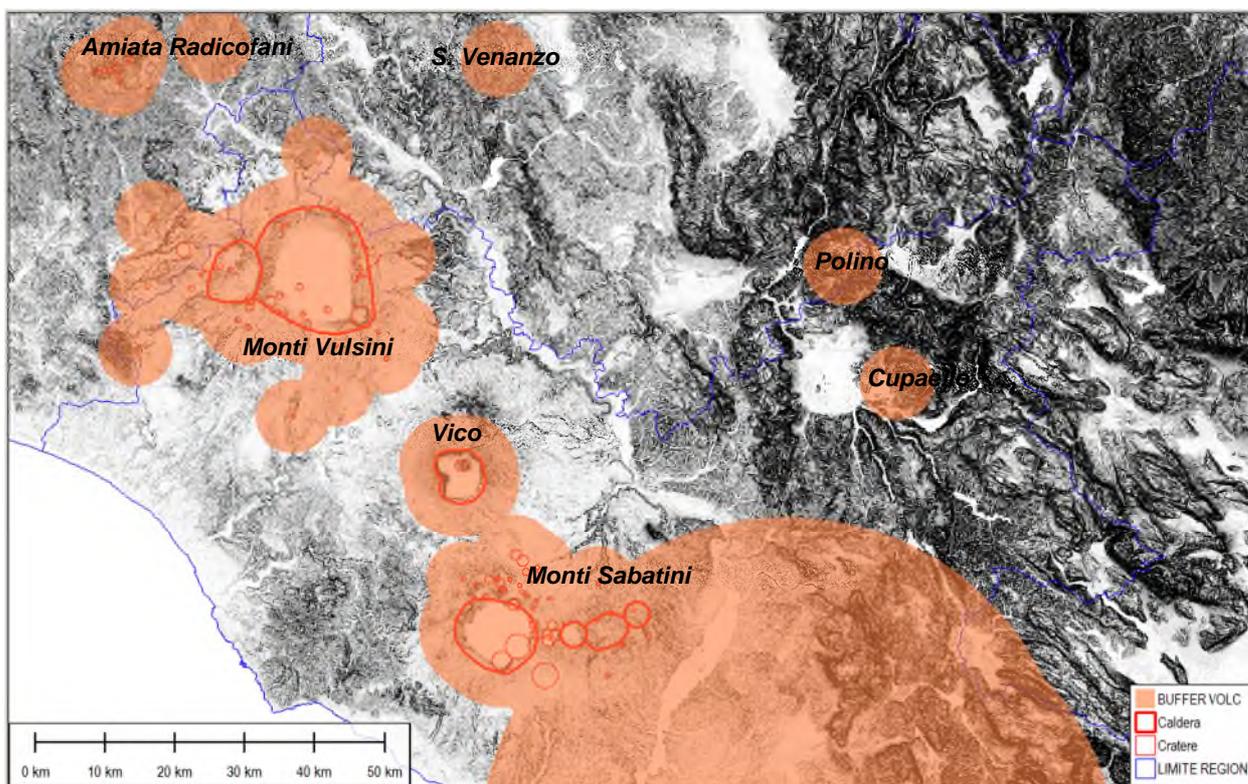


Fig. 1.6/2 - Aree di esclusione in Toscana, Umbria e Lazio settentrionale. Dal punto di vista dell'estensione areale, la sorgente vulcanica più rilevante è il Distretto Vulcanico dei Monti Vulsini

Lazio centro-meridionale

L'area del Lazio centro-meridionale è interessata dal vulcanismo attivo del Distretto Vulcanico dei Colli Albani e dal vulcanismo quiescente del Distretto Vulcanico Sabatino, dei centri vulcanici della Valle Latina e dal vulcanismo intra-appenninico, limitato al solo centro eruttivo di Cupaello (Fig. 1.6/3).

Il Distretto Vulcanico Sabatino è caratterizzato dalla presenza di numerosi centri eruttivi monogenici (maar e coni di scorie) e dalle caldere di Bracciano, Sacrofano, Baccano e Morlupo-Castelnuovo; quest'ultima caldera non ha evidenze morfologiche ma è stata localizzata grazie alle analisi di facies dei depositi piroclastici a essa attribuiti. Dal punto di vista dell'individuazione delle aree di esclusione, gli elementi di valutazione più importanti sono: la cronologia delle eruzioni, le caratteristiche eruttive dei centri monogenici e le aree interessate da strutture vulcano-tettoniche presenti lungo i bordi delle caldere. Su queste basi, è stato possibile delineare delle aree di esclusione intorno

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



ai centri monogenici e alle caldere che hanno un'estensione di 5 km. Di fatto, non vi è soluzione di continuità tra le aree di esclusione attorno ai centri eruttivi dei Monti Sabatini e le aree di esclusione legate al vulcanismo attivo dei Colli Albani di seguito esaminato. Il Distretto Vulcanico dei Colli Albani, la cui attività finale risale a circa 36 mila anni fa, è l'unico attivo nel Lazio. Come descritto in precedenza, oltre a fenomeni diffusi di emanazione di gas e anomalie geotermiche, l'area dei Colli Albani è caratterizzata anche da deformazioni crostali (sollevamento) e dalla presenza di una zona a bassa velocità delle onde sismiche interpretata come una camera magmatica. Dal punto di vista dei punti di emissione, sono presenti numerosi centri pericalderici monogenici sia di origine magmatica che idromagmatica che mista che hanno dato luogo alla formazione di coni di scorie, eventualmente associati a colate di lava, e *maar*. Inoltre, l'elemento tettonico-strutturale più rilevante nell'area albana è la caldera sub-circolare del Tuscolano-Artemisio che ha un diametro superiore ai 10 km.

Si ritiene che a causa di un possibile scenario di ripresa dell'attività vulcanica siano da escludere tutte le aree circostanti le zone attualmente soggette a deformazioni crostali e emanazioni gassose. Inoltre, sono da escludere le zone interessate dalla deposizione di flussi piroclastici di origine idromagmatica e magmatica relativi alla fase di attività del Tuscolano Artemisio e alla fase di attività finale. Per queste ragioni, e integrando i dati vulcanologici, cartografici e geochimici, si ritiene che un'area di esclusione di 40 km da tutti i centri eruttivi sia conforme ai requisiti richiesti.

Per quanto riguarda il vulcanismo quiescente della Valle Latina, si tratta di un insieme di 4 centri vulcanici monogenici magmatici e idromagmatici che sono dispersi su un'area limitata (inferiore a 5 km) con una modesta dispersione dei prodotti da caduta e da flusso. Ai fini di questo studio, si ritiene conforme ai requisiti richiesti una zona di esclusione di 5 km attorno a tutti i centri vulcanici individuati.

In conclusione, per quanto riguarda il Lazio centro-meridionale, analogamente al caso del vulcanismo del Lazio settentrionale, vi sono aspetti che riguardano la complessa interazione tra mobilità dei flussi piroclastici, meccanismi eruttivi e fattori locali che sono stati affrontati solo marginalmente nella letteratura scientifica e non ai fini di definire la pericolosità vulcanica. Vale anche in questo caso quanto detto in precedenza per quanto concerne la completa definizione degli scenari eruttivi.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---

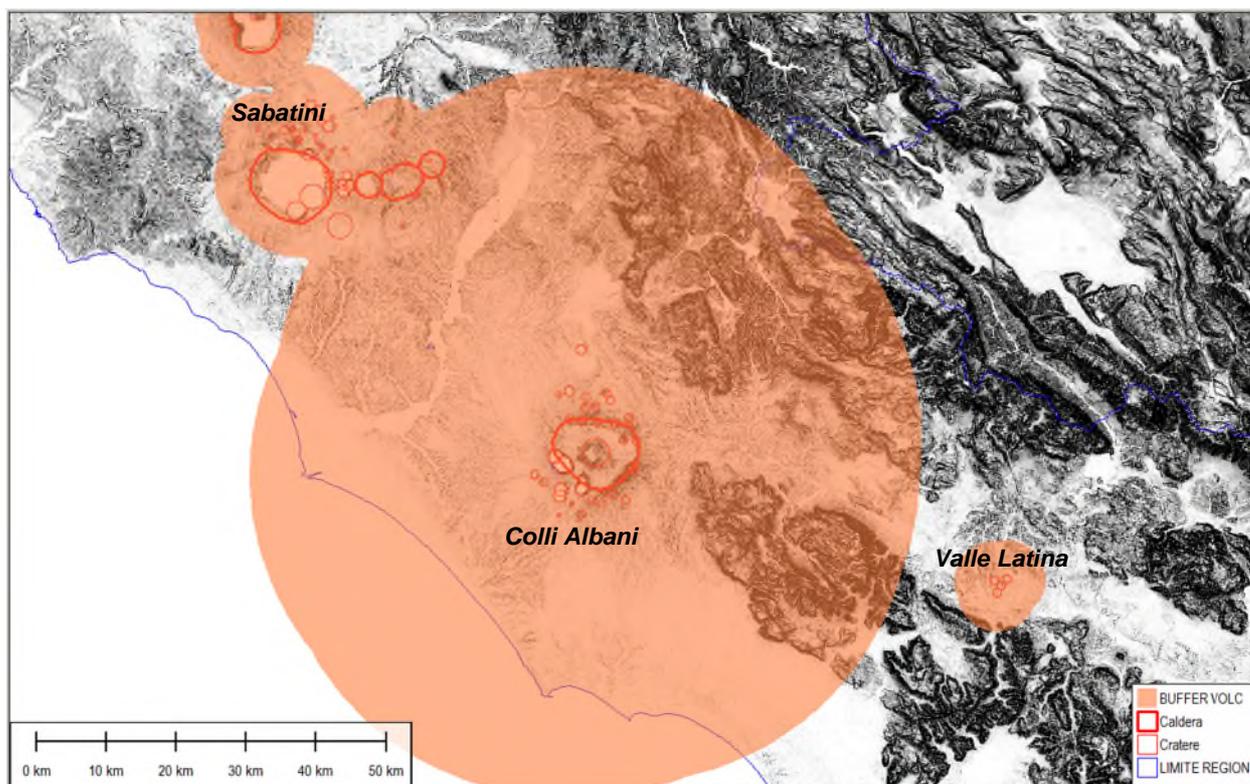


Fig. 1.6/3 - Aree di esclusione legate alle aree vulcaniche attive e quiescenti nel Lazio centro-meridionale. L'area di maggiore influenza, dal punto di vista dell'esclusione, è determinata dal vulcano attivo dei Colli Albani

La Campania e le Isole Pontine

Il vulcano quiescente di Roccamonfina, situato al confine tra Lazio e Campania, è caratterizzato da un edificio centrale troncato da una caldera e da numerosi centri monogenici che coprono un'area relativamente ampia (oltre 15 km di distanza tra i centri eruttivi più distanti tra loro). Dal punto di vista vulcanologico, l'attività di Roccamonfina è caratterizzata da eventi di media-elevata esplosività alla quale sono associati depositi da caduta pliniana e da flusso piroclastico. In via preliminare si ritiene che un'area di esclusione debba comprendere tutte le aree circostanti i centri eruttivi per una distanza minima di 5 km.

L'area campana è caratterizzata dalla presenza dei vulcani attivi dei Campi Flegrei, Vesuvio e Procida. Al vulcanismo della Provincia Campana, sulla base delle affinità petrologiche e geochimiche, è associato il vulcanismo **quiescente** delle Isole Pontine di Ponza (limitatamente all'ultima fase di attività, circa 1 Ma) e Ventotene-S. Stefano (Fig. 1.6/4).

Per quanto riguarda il vulcanismo **attivo** dei Campi Flegrei, una delle aree a maggior rischio vulcanico al mondo, è evidente che la definizione delle aree di esclusione sia legata alla scelta dello scenario eruttivo di riferimento. Sulla base dei dati di letteratura, si è evidenziato sopra come lo scenario ritenuto più probabile sia un'eruzione intracalderica con volume delle piroclastiti $>0,4 \text{ km}^3$, una magnitudo >5 ed un'area soggetta a *fallout* di tefra con spessori $\geq 1 \text{ cm}$ maggiore di 1000 km^2 . Tuttavia, occorre rilevare come negli ultimi 40 mila anni, i Campi Flegrei siano stati sede di un'attività

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



vulcanica con magnitudo e VEI ben più elevati (ad es. eruzioni del Tufo Giallo Napoletano e dell'Ignimbrite Campana) delle tipiche eruzioni intra-calderiche. Sulla base di queste considerazioni, si ritiene che un'area di esclusione debba comprendere tutte le aree che, per caratteristiche orografiche (zone pianeggianti circostanti la caldera), sono potenzialmente soggette ad invasione dei flussi piroclastici. Inoltre, si ritiene che i tassi e gli spessori di accumulo associati alla formazione di colonne sostenute nell'area flegrea possano raggiungere valori critici nelle aree appenniniche e preappenniniche campane in relazione alla possibile formazione di *lahar* sineruttivi. Per queste ragioni, si ritiene adeguata una distanza di esclusione della aree circostanti la caldera dei Campi Flegrei di 40 km. Questa distanza di 40 km esclude ampiamente le aree notoriamente soggette a deformazione crostali che interessano le zone intracalderiche. Per questo motivo, il tema delle crisi bradisismiche non è stato affrontato in dettaglio in merito ai criteri di esclusione.

Un discorso analogo, ma più vincolato dal punto di vista scientifico data la grande disponibilità di dati anche in funzione dell'elaborazione del Piano di Emergenza, da parte del DPC (Dipartimento della Protezione Civile) riguarda il Vesuvio. Ai fini del presente studio, si è ritenuto di considerare nei criteri di esclusione tutte le aree invase da flussi piroclastici negli ultimi 22 mila anni, così come delimitate in base al record tefrostratigrafico. Inoltre, si è scelto come scenario eruttivo di riferimento un'eruzione con VEI5, ossia un'eruzione con le caratteristiche di massima energia tra quelle registrate nell'intera storia eruttiva del Vesuvio. Analogamente a quanto già osservato per i Campi Flegrei, si ritiene che i tassi e gli spessori di accumulo associati alla formazione di colonne sostenute al Vesuvio possano raggiungere valori critici nelle aree appenniniche e preappenniniche campane in relazione alla possibile formazione di *lahar* sineruttivi. Per questa serie di motivazioni, si ritiene adeguata una distanza di esclusione di 40 km dal Vesuvio, calcolata a partire da tutti i centri pericalderici.

Per quanto riguarda il vulcanismo attivo dell'isola di Ischia, nella valutazione dell'estensione delle aree di esclusione si ritiene debbano essere considerati la storia eruttiva ischitana scandita da eventi ad elevata energia, i fenomeni vulcanici secondari rilevanti in atto (emissioni di gas, anomalie nel gradiente geotermico, deformazioni crostali associate alla presenza di un corpo magmatico relativamente superficiale) e i diffusi e volumetricamente significativi fenomeni di instabilità gravitativa. Integrando i dati di letteratura e gli scenari associati alla ripresa dell'attività vulcanica ad Ischia, si ritiene che le aree di esclusione debbano riguardare una superficie di 40 km di raggio misurato a partire dal bordo della caldera di Ischia. Da notare come questo inviluppo, per quello che riguarda l'Italia peninsulare, coinvolge totalmente aree già escluse in base alla presenza dei vulcani napoletani. A questo riguardo, si fa notare altresì come l'area di esclusione associata al vulcanismo di Ischia, includa in parte anche le fasce costiere della Campania che, secondo lavori scientifici recenti, potrebbero essere interessate da tsunami generati da processi di collasso di porzioni del Monte Epomeo (Ischia).

Per quanto riguarda il vulcanismo quiescente di Ventotene - S. Stefano e di Ponza, si rileva come le sorgenti vulcaniche attive in passato siano la caldera semisommersa nei pressi dell'Isola di Ventotene, il domo lavico dell'Isola di Santo Stefano e il centro eruttivo presente nella porzione meridionale dell'Isola di Ponza. In relazione alla distribuzione areale di queste sorgenti vulcaniche e alle caratteristiche del vulcanismo pleistocenico registrato nell'area, si ritiene che l'intera area delle isole di Ventotene e di S. Stefano

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



debba essere esclusa. Le aree di esclusione intorno ai centri vulcanici delle due isole, infatti, ricadono ampiamente nella distanza minima dei 5 km dai centri eruttivi e dai bordi della caldera. Per quanto riguarda l'Isola di Ponza, si ritiene adeguata una zona di esclusione per un raggio di 5 km intorno al centro eruttivo oggi testimoniato dal *neck* di Monte Guardia.

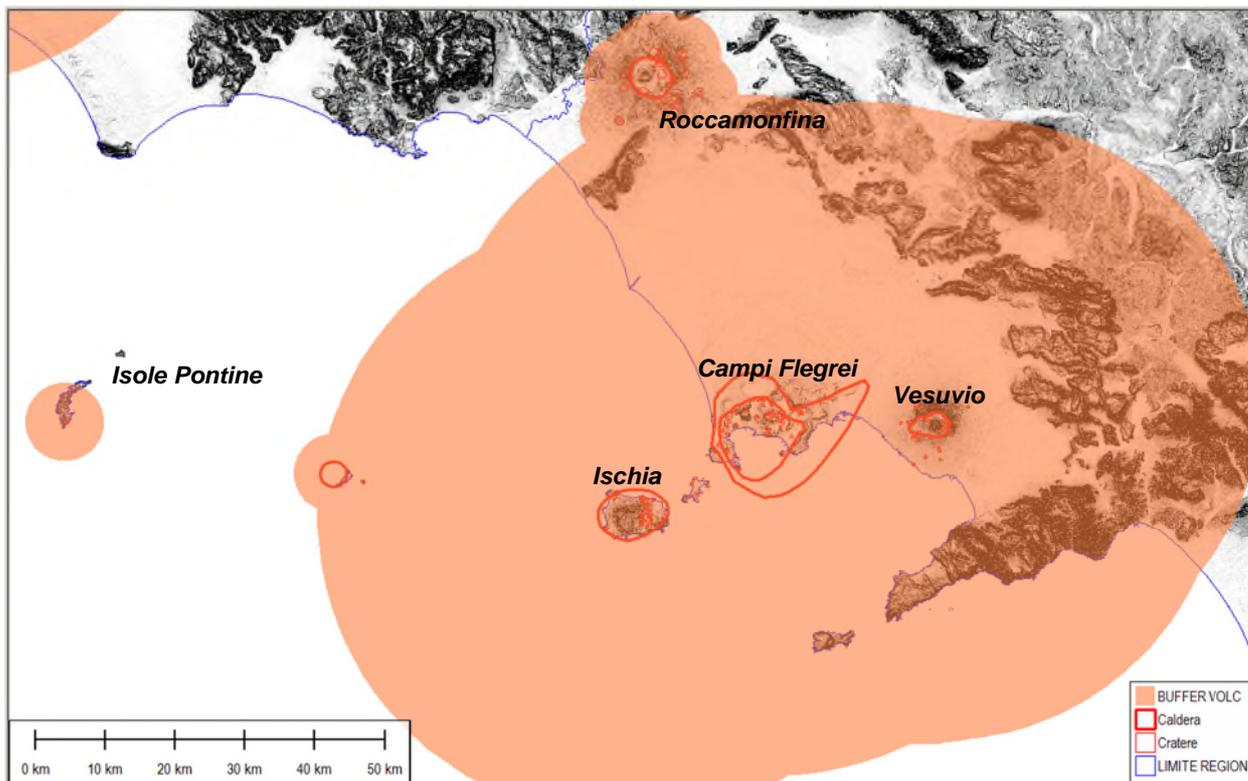


Fig. 1.6/4 - Aree di esclusione della Campania e delle Isole Pontine

La Basilicata

L'unica area vulcanica presente in Basilicata è il Distretto Vulcanico del Monte Vulture. Si tratta di una sorgente vulcanica **quiescente** caratterizzata dalla presenza di un edificio centrale, oggi troncato da una caldera, e da una serie di centri monogenici di origine magmatica e idromagmatica che coprono un'area con un raggio inferiore ai 15 km. Dal punto di vista dello stile eruttivo, è da rilevare la presenza di numerosi depositi da caduta e da flusso piroclastico nelle successioni piroclastiche del Monte Vulture che hanno coperto un'area ad anello intorno all'attuale caldera. Sebbene non vi siano lavori scientifici finalizzati alla valutazione della pericolosità vulcanica, sulla base della cronologia eruttiva, delle caratteristiche e della distribuzione areale dei depositi associati all'attività eruttiva, si ritiene adeguata un'esclusione estesa per un raggio di 5 km dai centri eruttivi (Fig. 1.6/5). In questo modo, le aree di esclusione circoscrivono la quasi totalità, in termini di volumi, dei depositi piroclastici del Monte Vulture e, in relazione ai meccanismi di propagazione dei flussi piroclastici, tutte le aree morfologicamente depresse intorno alla caldera e ai centri eruttivi.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---

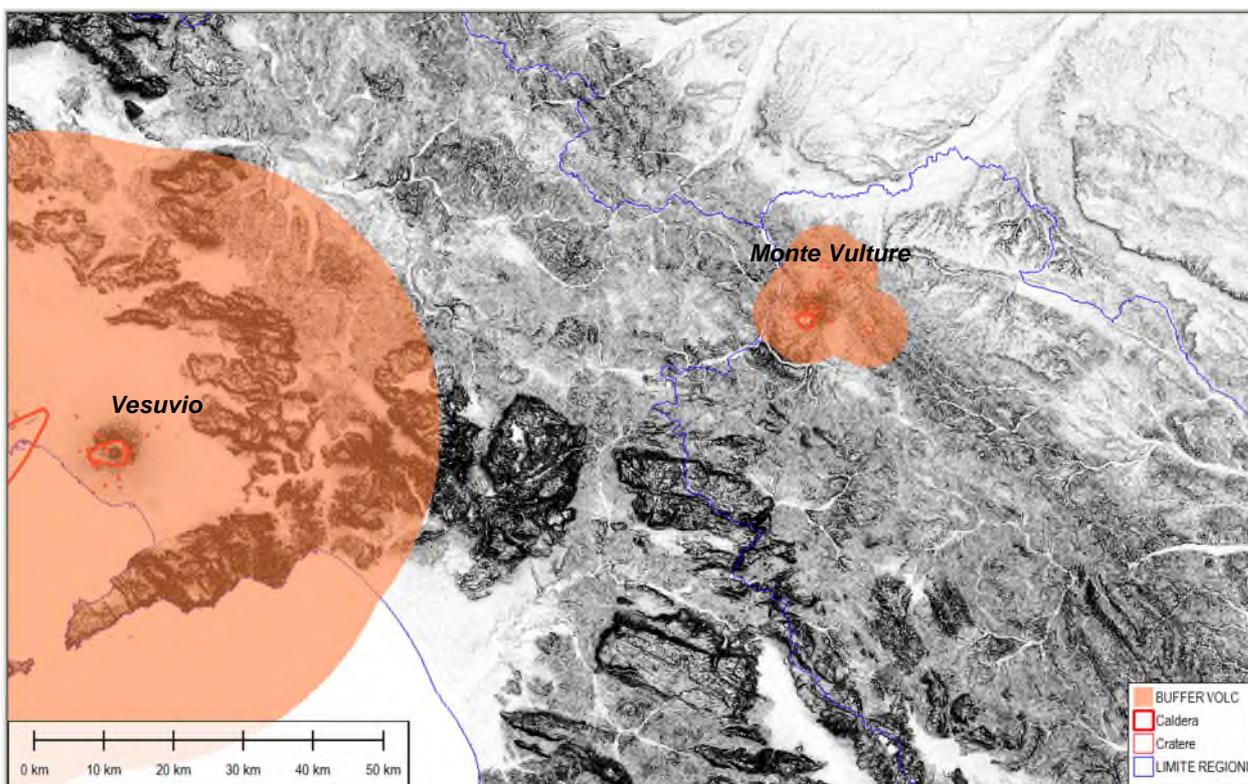


Fig. 1.6/5 - Aree di esclusione relative al vulcanismo quiescente del Monte Vulture. Le aree di esclusione interessano in massima parte la Basilicata e, con una superficie limitata, la Campania

La Sicilia e il Tirreno meridionale

Il vulcanismo **attivo** delle Isole Eolie comprende le isole di Stromboli, Panarea, Lipari e Vulcano, mentre le sorgenti vulcaniche quiescenti sono Salina, Filicudi e Alicudi (Fig. 1.6/6). In questa fase di studio focalizzata sulle definizioni delle aree di esclusione è opportuno sintetizzare alcuni denominatori comuni che hanno contraddistinto l'attività vulcanica di queste isole. Si tratta di un'attività eruttiva contrassegnata da eventi fortemente esplosivi e da periodiche crisi sismiche associate a deformazioni crostali e anomalie nei sistemi geotermici che sono sfociate, nel caso di Panarea, in vere e proprie eruzioni idrotermali. Nelle isole di Vulcano, Lipari e Stromboli negli ultimi anni si sono osservati fenomeni di instabilità gravitativa dei versanti che hanno originato frane in mare e conseguenti onde di tsunami. Inoltre, studi oceanografici hanno messo in evidenza la presenza di nicchie di distacco sottomarine che suggeriscono una diffusa instabilità anche delle aree sommerse. Questi elementi di criticità forniscono un denominatore comune così macroscopico dal punto di vista della valutazione della pericolosità vulcanica da porre in secondo piano qualsiasi altra peculiarità dell'attività eruttiva o delle affinità petrologiche nelle singole sorgenti vulcaniche. Il vulcanismo delle isole Eolie, in definitiva, pone un fattore di elevata criticità riguardo alla stabilità dell'arcipelago eoliano ma anche, in misura ancora da valutare, per le coste tirreniche. In questo quadro generale, si ritiene che sia le isole vulcanicamente **attive** che quelle con sorgenti vulcaniche **quiescenti** debbano essere aree di esclusione totale. L'estensione delle aree di esclusione di 40 km è anche in questo caso ritenuta adeguata per le sorgenti vulcaniche **attive** così come il *buffer* di 5 km per le sorgenti quiescenti. In base a

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



considerazioni analoghe a quelle che riguardano le isole vulcanicamente **quiescenti** delle Eolie, anche l'isola di Ustica è oggetto di esclusione totale. In termini geografici, le aree di esclusione comprendono l'intero arcipelago eoliano, Ustica e una stretta fascia costiera della Sicilia settentrionale.

Per quanto riguarda l'attività vulcanica dei *seamount* del Tirreno Meridionale, con particolare riferimento al Marsili e al Vavilov, non si ravvisa impatto diretto dell'attività eruttiva sulle terre emerse. La pericolosità da tsunami potenzialmente originati da tali centri è resa irrilevante dalle esclusioni operate dal CE08 di cui al §8.

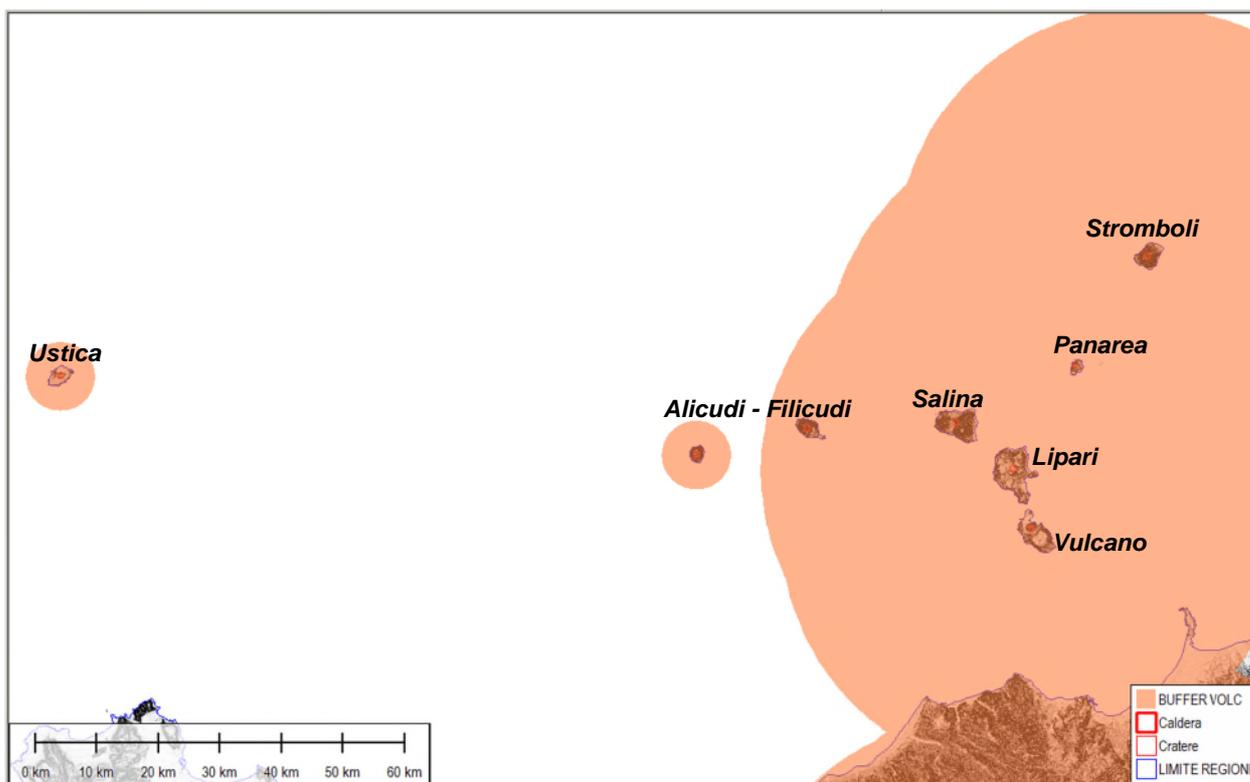


Fig. 1.6/6 - Aree di esclusione relative alle isole Eolie e a Ustica. L'area di 40 km dalle sorgenti vulcaniche attive interessa marginalmente la costa settentrionale della Sicilia.

Per quanto riguarda il vulcanismo etneo (Fig. 1.6/7), gli elementi in base ai quali sono definibili le aree di esclusione sono tre:

- le aree soggette a invasione di colate laviche;
- le aree potenzialmente interessate da deformazioni gravitative profonde e collassi di versante;
- le aree interessate da eruzioni esplosive innescate da collassi di versante.

Per quanto riguarda il primo punto, basandosi su mappe di probabilità di apertura di bocche eruttive, sono da considerarsi aree soggette a invasione di colate laviche, sia pure con densità di probabilità diverse, tutti i fianchi dell'edificio vulcanico sino alle valli del fiume Alcantara e Simeto che orlano rispettivamente i fianchi settentrionale, orientale e meridionale del vulcano e sino alle coste ioniche ad est. Le aree potenzialmente soggette a deformazioni gravitative profonde e collassi di versante interessano principalmente il versante orientale dell'edificio vulcanico etneo. In ogni caso queste aree

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



si sovrappongono ai settori dell'edificio vulcanico che sono già stati esclusi in base alla probabilità di invasione da parte delle colate di lava. Infine, si considerano le eruzioni esplosive innescate da collassi di versante. Si tratta di scenari eruttivi ben documentati anche in epoca storica che hanno dato luogo ad eruzioni pliniane e subpliniane. Questo tipo di eruzioni, apparentemente anomalo se si considera la composizione poco differenziata dei magmi etnei, può essere spiegato in termini di rapida decompressione di corpi magmatici relativamente superficiali in seguito ad eventi catastrofici di collassi di versante. Fu questo il caso, ad esempio, dell'eruzione pliniana del 122 a.C., alla quale è associata la formazione della caldera del Piano, evento che produsse ingenti danni all'antica città di Catania e alle aree lungo la costa orientale della Sicilia. Poiché la geometria e l'estensione delle aree soggette a caduta di materiale piroclastico nel corso delle eruzioni pliniane è fortemente condizionata dalla direzione dei venti dominanti, si ritiene che le aree potenzialmente affette da eruzioni di tipo pliniano come quella avvenuta nel 122 a.C. ricadano in un'area di 40 km dalle potenziali sorgenti vulcaniche etnee.

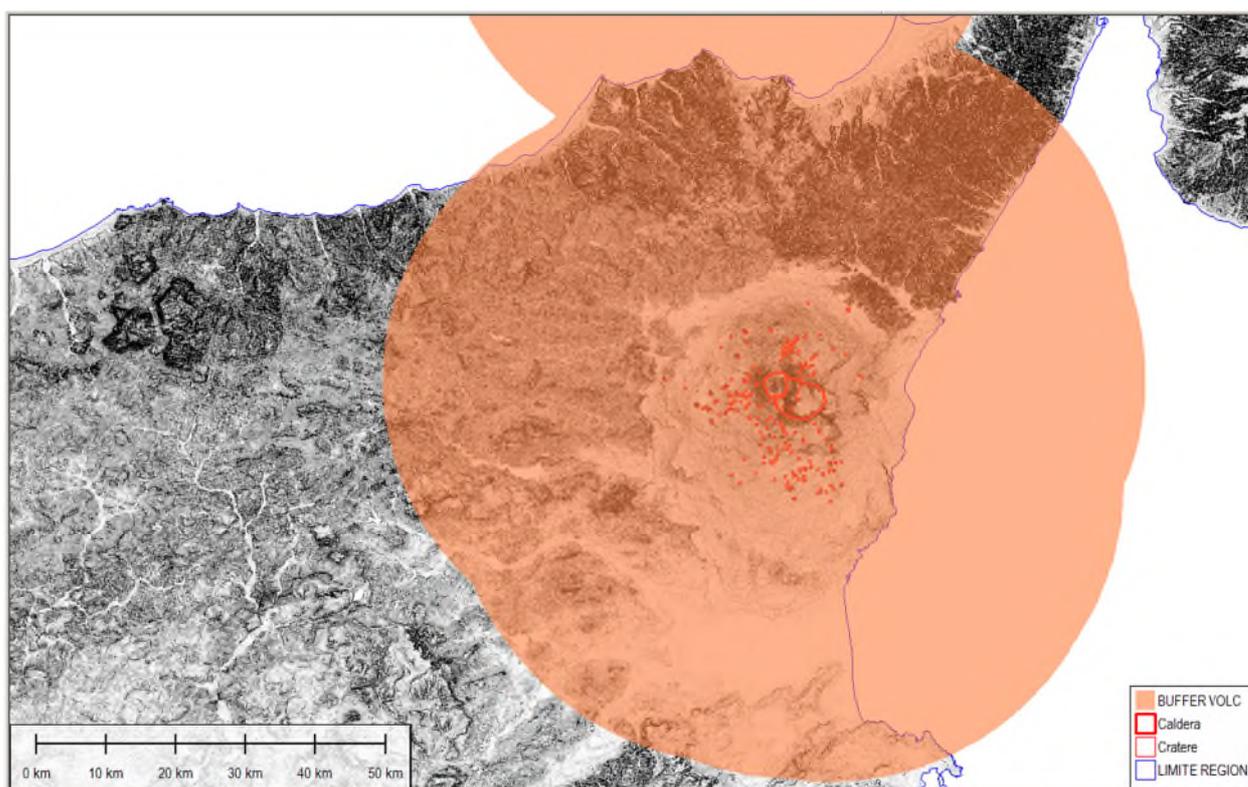


Fig. 1.6/7 - Aree di esclusione relativa all'attività vulcanica del Monte Etna. Le zone di esclusione definiscono un'area di 40 km di raggio calcolata intorno a ciascuna sorgente eruttiva (crateri eccentrici e caldere etnee)

Il Canale di Sicilia

Le sorgenti vulcaniche **attive** del Canale di Sicilia hanno dato luogo ad eruzioni fino al XIX secolo. Si tratta delle eruzioni dell'Isola Ferdinandea del 1831 e dell'eruzione del vulcano Foerster nel 1891, a circa 5 km a nord ovest di Pantelleria. Sebbene l'impatto di queste due eruzioni sulla terraferma sia stato limitato ai fenomeni sismici, la storia eruttiva

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



di queste sorgenti vulcaniche è caratterizzata da eruzioni fortemente esplosive alimentate da magmi differenziati (trachiti) e associate a collassi calderici (ad es. l'eruzione del Tufo Verde di Pantelleria). Per questo motivo si ritiene che l'isola di Pantelleria debba essere oggetto di esclusione (Fig. 1.6/8).

Per quanto riguarda Linosa, sebbene l'attività più recente attestati sull'isola risalga a oltre 0,5 Ma, l'affinità petrologica e geochemica con le altre sorgenti vulcaniche del Canale di Sicilia e il contesto geodinamico comune al vulcanismo attivo di Pantelleria e dell'Isola Ferdinandea suggeriscono di ritenere che l'isola debba essere oggetto di esclusione.

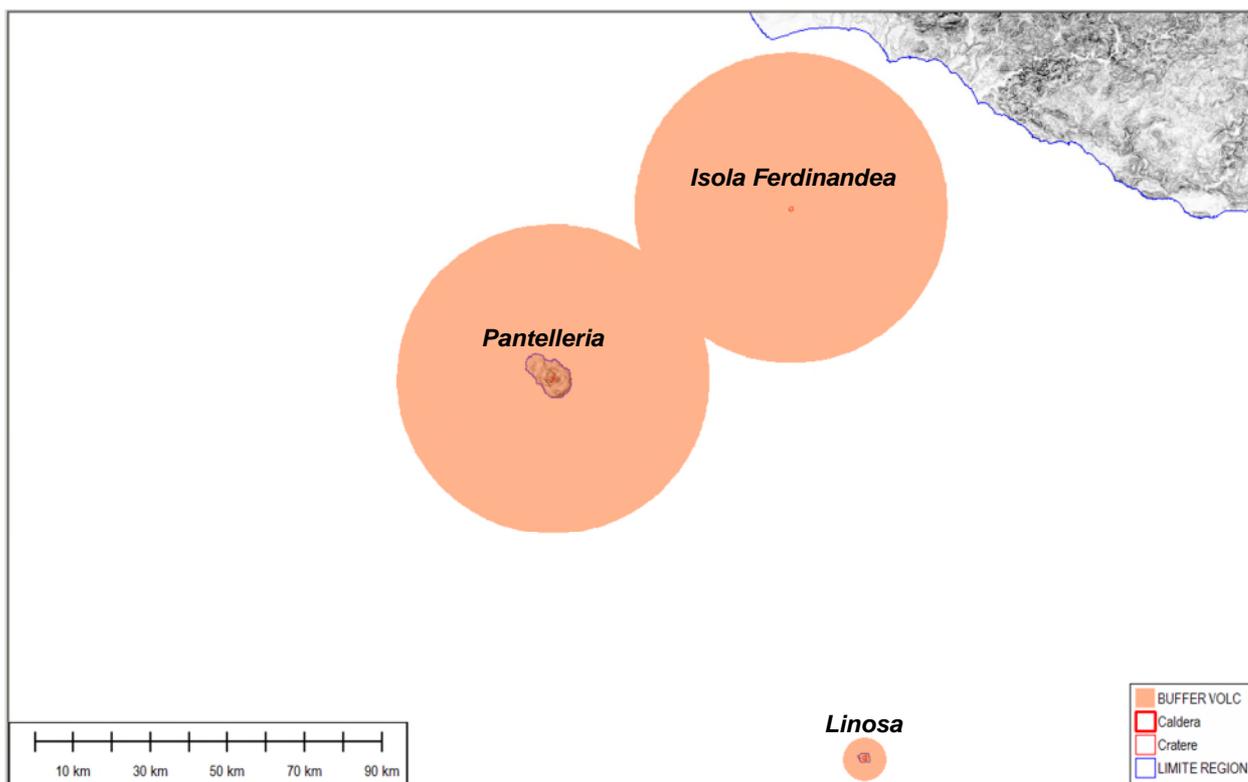


Fig. 1.6/8 - Il Canale di Sicilia è caratterizzato dalla presenza di aree vulcaniche attive (Isola Ferdinandea e Pantelleria) e quiescenti (Linosa). Le aree vulcaniche emerse sono oggetto di esclusione così come il vulcanismo sottomarino deve essere ulteriormente approfondito negli aspetti che riguardano il potenziale tsunamigenico di eventuali future eruzioni

La Sardegna settentrionale

Il vulcanismo **quiescente** plio-pleistocenico sardo interessa un'area allungata in direzione N-S nella provincia di Sassari con una distanza massima tra i singoli centri eruttivi di circa 40 km (Fig. 1.6/9). L'area vulcanica è nota nella letteratura scientifica come campo vulcanico di Loguduro. Si tratta in prevalenza di centri eruttivi monogenici originati da attività prevalentemente effusiva e/o debolmente esplosiva che hanno dato luogo alla formazione di coni di scorie con associati modesti espandimenti lavici. I punti di emissione sono stati individuati sulla base della cartografia ufficiale e sull'analisi delle morfologie vulcaniche dei crateri, ancora oggi ben visibili e in molti casi interessati da attività estrattiva. La distribuzione areale dei prodotti è limitata e in genere non supera le poche centinaia di metri dal punto di emissione. Per quanto riguarda le aree di esclusione

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



associate ai centri vulcanici, si ritiene comunque adeguata una distanza di 5 km dai singoli centri vulcanici.

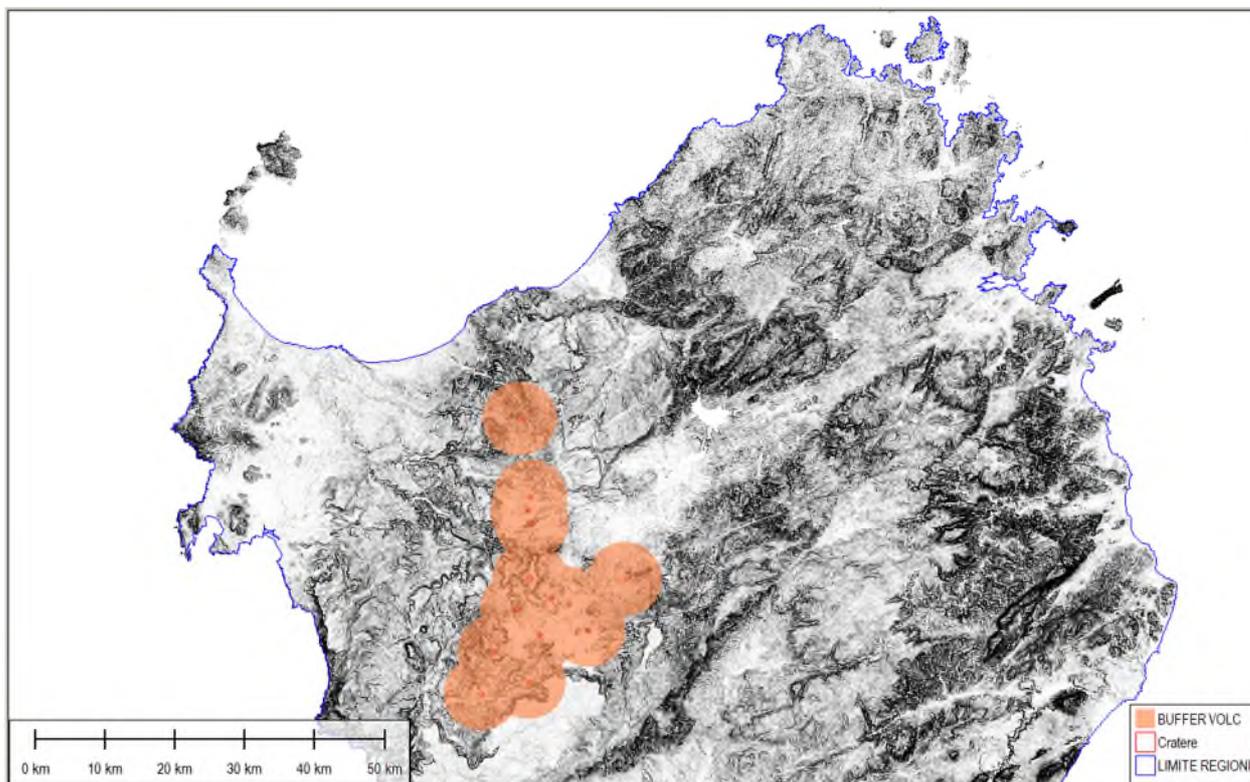


Fig. 1.6/9 - Distribuzione areale dei centri vulcanici plio-pleistocenici della Sardegna settentrionale (campo vulcanico di Logudoro) e relative aree di esclusione

1.7 ATTIVITÀ DI VERIFICA NEL SESTO LIVELLO DI ANALISI

Nel sesto livello di analisi, per tutte le aree non escluse dai precedenti livelli, sono state effettuate alcune attività di verifica riguardo la distanza dalle sorgenti vulcaniche attive e quiescenti e la presenza ed età di prodotti vulcanici nell'area. I risultati di tali attività, che non hanno comunque portato a nuove esclusioni, sono riportati nelle schede monografiche di area.

Sulle schede informative, per ciascuna area, sono stati sintetizzati i seguenti aspetti in relazione ai fenomeni vulcanici:

- 1) I nomi dei distretti o apparati vulcanici attivi e quiescenti presenti in un raggio di 125 km e di 100 km, rispettivamente, da ciascuna area. Inoltre, sono stati rappresentati graficamente il numero di centri vulcanici presenti (da 0 a oltre 20) per fasce di distanza crescenti suddivise in quadranti geografici. La suddivisione in quadranti geografici, oltre a fornire una visione d'insieme della distribuzione spaziale delle sorgenti vulcaniche attorno alle aree, è un primo elemento di valutazione in relazione alla presenza di aree più o meno soggette a tephra *fallout* sulla base della direzione di provenienza dei venti dominanti (v. oltre punto 4).

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



- 2) La percentuale di copertura di terreni vulcanici rispetto alla superficie totale di ciascuna area. In particolare, per i terreni vulcanici, sono state distinte tre *litofacies* così come riportate nella cartografia geologica in scala 1:100,000: le successioni piroclastiche, le lave e i depositi vulcanoclastici. I risultati di questa analisi su tutto il territorio nazionale hanno evidenziato che non vi sono aree con coperture vulcaniche riconducibili a centri vulcanici attivi (ossia con attività più giovane di 10 mila anni). D'altra parte, tutti i terreni vulcanici affioranti entro i limiti delle aree studiate sono riconducibili a vulcanismo quiescente (con un'unica eccezione opportunamente annotata in cui i terreni vulcanici sono attribuibili a vulcanismo estinto). Sulla base delle definizioni di vulcanismo quiescente e di vulcanismo attivo adottate nello studio e sulla base delle caratteristiche delle successioni vulcaniche presenti nelle aree studiate, è possibile attribuire agli eventi vulcanici all'origine delle successioni affioranti probabilità medie di accadimento superiori a 10^{-7} e ovunque inferiori a 10^{-4} eventi/anno.
- 3) Distanza minima, in km, da caldere, punti di emissione di eruzioni esplosive con $VEI \geq 5$ e centri monogenici attivi e quiescenti.
- 4) Il numero di eventi da caduta pliniana (*tephra fallout*) che hanno interessato ciascuna area negli ultimi 10 mila anni. E' stato inoltre riportato lo spessore massimo di tephra (per singolo evento), la zona vulcanica di origine e il nome dell'eruzione (o dell'unità vulcanica). Questa ricostruzione è stata fatta sulla base delle carte delle isopache disponibili nella letteratura scientifica e, in termini probabilistici, identifica le aree che sono state interessate da *tephra fallout* caratterizzati da probabilità medie di accadimento superiori a 10^{-4} eventi/anno.
- 5) Infine sono state sintetizzate su una scala di tre livelli (A, B e C) le prescrizioni, ove necessarie, in relazione alla necessità di ulteriori valutazioni dei fenomeni vulcanici.

1.8 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

È stato verificato che gli studi scientifici e la relativa bibliografia pubblicata successivamente al 2015 non hanno modificato in modo sostanziale il quadro delle conoscenze sul tema. Tale verifica ha quindi consentito di confermare la validità delle modalità di applicazione del criterio sia in termini di localizzazione e di attività dei centri vulcanici che in termini di ampiezze dei buffer prescelti e sopra descritti. Pertanto si ritiene ancora pienamente valida l'applicazione del criterio CE1 effettuata in sede di prima emissione della CNAPI.

1.9 BIBLIOGRAFIA

Guide IAEA:

IAEA (2014), *Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste*, SSG-29.

IAEA (2012), *Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, SSG-21.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Studio di riferimento:

CNR (2014). Definizione delle potenziali sorgenti di attività vulcanica in relazione all'applicazione del criterio Ispra CE1 - Report finale sulle attività svolte e definizione delle aree potenzialmente instabili in relazione ai fenomeni vulcanici. Doc. Sogin DN GS 00074.

Bibliografia citata:

Barberi F., Carapezza M.L., Ranaldi M., Tarchini L. (2007). *Gas blowout from shallow boreholes at Fiumicino (Rome): Induced hazard and evidence of deep CO₂ degassing on the Tyrrhenian margin of Central Italy. Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 165; 17-31.

Calanchi N., Colantoni P., Rossi P.L., Saitta M., Serri G. (1989). *The Strait of Sicily continental rift systems: physiography and petrochemistry of the submarine volcanic centres. Mar. Geol.* 8; 55-83.

Carapezza M.L., Tarchini L. (2007). *Accidental gas emission from shallow pressurized aquifers at Alban Hills volcano (Rome, Italy): Geochemical evidence of magmatic degassing? Journal of Volcanology and Geothermal Research* 165; 5-16.

Cavazza W., Wezel F.C. (2003). *The Mediterranean region. A geological primer, Episodes* 26, pp. 160-168.

Chiodini G., Frondini F. (2001). *Carbon dioxide degassing from the Albani Hills volcanic region, Central Italy. Chemical Geology*, 177; 67-83.

Chiodini G., Caliro S., Caramanna G., Granieri D., Minopoli C., Moretti R., Perotta L., Ventura G. (2006). *Geochemistry of the submarine gaseous emissions of Panarea (Aeolian islands, southern Italy): magmatic vs. hydrothermal origin and implications for volcanic surveillance. Pure Appl Geophys* 163; 759-780.

Civetta L., Gallo G., Orsi G. (1991). *Sr- and Nd-isotope and trace-element constraints on the chemical evolution of the magmatic system of Ischia (Italy) in the last 55 ka. J Volcanol Geotherm Res* 46; 213-230.

Conticelli S., D'Antonio M., Pinarelli L., Civetta L. (2002). *Source contamination and mantle heterogeneity in the genesis of Italian potassic and ultrapotassic volcanic rocks: Sr-Nd-Pb isotope data from Roman Province and Southern Tuscany. Mineral. Petrol.* 74; 189-222.

Conticelli S., Peccerillo A. (1992). *Petrology and geochemistry of potassic and ultrapotassic volcanism in Central Italy: petrogenesis and inferences on the evolution of the mantle sources. Lithos* 28; 221-240.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



De Fino M., La Volpe L., Peccerillo A., Piccarreta G., Poli G. (1986). *Petrogenesis of Monte Vulture volcano, Italy: inferences from mineral chemistry, major and trace element data. Contrib Mineral Petrol* 92; 135-145.

de Rita D., Faccenna C., Funiciello R., Rosa C. (1995). *Stratigraphy and Volcano-Tectonics. In: Trigila, R. (Ed.), The Volcano of the Alban Hills. Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Rome Italy*, pp. 33-71.

de Rita D., Funiciello R., Parotto M. (1988). Carta geologica del Complesso vulcanico dei Colli Albani, Progetto Finalizzato 'Geodinamica', C.N.R., Rome, Italy.

Dogliani C., Harabaglia P., Merlini S., Mongelli F., Peccerillo A., Piromallo C. (1999). *Orogens and slabs vs. their direction of subduction. Earth-Science Review* 45; 167-208.

Frazzetta G., Gillot P.Y., La Volpe L., Sheridan M.F. (1984). *Volcanic hazards at fossa of vulcano: data from the last 6,000 years. Bull. Volcanol.*, 47, 1; 105-124.

Gasperini D., Blichert-Toft J., Bosch D., Del Moro A., Macera P., Télouk P., Albarède F. (2000). *Evidence from Sardinian basalt geochemistry for recycling of plume heads into the Earth's mantle. Nature* 408; 701-704.

Giaccio B., Arienzo I., Sottili G., Castorina F., Gaeta M., Nomade S., Galli P., Messina P. (2013). *Isotopic (Sr-Nd) and major element fingerprinting of distal tephras: an application to the Middle-Late Pleistocene markers from the Colli Albani volcano, central Italy. Quaternary Science Reviews*, 67; 190-206. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.01.028.

Gillot P.Y., Chiesa S., Pasquare G., Vezzoli L. (1982). *<33000yr K/Ar dating of the volcano-tectonic horst of the Isle of Ischia, Gulf of Naples. Nature* 299; 242-245.

Gioncada A., Mazzuoli R., Bisson M., Pareschi M.T. (2003). *Petrology of volcanic products younger than 42 ka on the Lipari-Vulcano complex (Aeolian Islands, Italy): an example of volcanism controlled by tectonics. Journal of Volcanology and Geothermal Research* 122; 191-220.

Giordano G., De Benedetti A.A., Diana A., Diano G., Gaudio F., Marasco F., Miceli M., Mollo S., Cas R.A.F., Funiciello R. (2006). *The Colli Albani mafic caldera (Roma, Italy): stratigraphy, structure and petrology. Journal of Volcanology and Geothermal Research* 155; 49-80.

Iezzi G., Caso C., Ventura G., Vallefucio M., Cavallo A., Behrens H., Mollo S., Paltrinieri D., Signanini P., Vetere F. (2014). *First documented deep submarine explosive eruptions at the Marsili Seamount (Tyrrhenian Sea, Italy): A case of historical volcanism in the Mediterranean Sea, Gondwana Research* 25; 764-774.

Mantovani E., Albarello D., Tamburelli C., Babbucci D., Viti M. (1997). *Plate convergence, crustal delamination, extrusion tectonics and minimization of shortening work as main*

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



controlling factors of the recent Mediterranean deformation pattern. Annals of Geophysics 40; 611-643.

Marra F., Karner D. B., Freda C., Gaeta M., Renne P.R. (2009). *Large mafic eruptions at the Alban Hills Volcanic District (Central Italy): chronostratigraphy, petrography and eruptive behavior, Journal of Volcanology and Geothermal Research* 179; 217-232.

Mongelli F., Zito G. (1991). Flusso di calore nella regione Toscana, Studi Geologici Camerti, Volume speciale CROP 03, pp 91-98.

Orsi G., di Vito M.A., Selva J., Marzocchi W. (2009). *Longterm forecast of eruption style and size at Campi Flegrei caldera (Italy). Earth Planet. Sci. Lett.*, 287; 265-276.

Paoletti V., Di Maio R., Cella F., Florio G., Mocka K., Roberti N., Secomandi M., Supper R., Fedi M., Rapolla A. (2009). *The Ischia Volcanic Island (Southern Italy): inferences from potential field data interpretation. Journal of Volcanology and Geothermal Research* 179; 69-86.

Peccerillo A. (2005). *Plio-quadernary volcanism in Italy. Petrology, Geochemistry, Geodynamics. Springer ed., Berlin*, 365 pp.

Poli G., Frey F. A., Ferrara G. (1984). *Geochemical characteristics of the south Tuscany (Italy) volcanic province, constraints on lava petrogenesis. Chem Geol* 43; 203-221.

Poli S., Chiesa S., Gillot P.Y., Gregnanin A., Vezzoli L. (1987). *Chemistry versus time in the volcanic complex of Ischia (Gulf of Naples, Italy): evidence of successive magmatic cycles. Contrib. Mineral. Petrol.* 95; 322-335.

Rittmann A. (1930). *Geologie der Insel Ischia. Zeitschr Vulkanol* 6; 265 pp.

Salvi S., Atzori S., Tolomei C., Allievi J., Ferretti A., Rocca F., Prati C. et alii (2004). *Inflation rate of the Colli Albani volcanic complex retrieved by the permanent scatterers SAR interferometry technique. Geophys. Res. Lett.*, 31, L12606, doi:10.1029/2004GL020253.

Savelli C. (2000). *Two-stage progression of volcanism (8-0 Ma) in the central Mediterranean (southern Italy), Journal of Geodynamics* 31; 87-104.

Savelli C. (2002). *Time-space distribution of magmatic activity in the western Mediterranean and peripheral orogens during the past 30 Ma (a stimulus to geodynamic considerations). Journal of Geodynamics* 34; 99-126.

Serri G. (1997). *Neogene-Quaternary magmatic activity and its geodynamic implications in the central Mediterranean region. Annali di Geofisica*, 3; 681-703.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Serri G., Innocenti F., Manetti P. (1993). *Geochemical and petrological evidence of the subduction of delaminated Adriatic continental lithosphere in the genesis of the Neogene-Quaternary magmatism of central Italy*, *Tectonophysics* 223 (1-2); 117-147.

Stoppa F., Woolley A.R. (1997). *The Italian carbonatites: field occurrence, petrology and regional significance*. *Mineral Petrol* 59; 43-67.

Szakacs A. (1994). *Redefining active volcanoes: A discussion*. *Bull. Volcanol.*,56; 321-325.

Tallarico A., Dragoni M., Anzidei M., Esposito A. (2003). *Modeling long term ground deformation due to the cooling of a magma chamber: the case of Basiluzzo Island (Aeolian Islands, Italy)*. *J Geoph Res* 108(B12):2568-2585. DOI:10.1029/2002JB002376.

Vezzoli L. (ed) (1988). *Island of Ischia. Quad Ric Sci CNR Rome*, 114, 10; 133 pp.

Zaniboni F., Pagnoni G., Tinti S., Della Seta M., Fredi P., Marotta E., Orsi G. (2013). *The potential failure of Monte Nuovo at Ischia Island (Southern Italy): numerical assessment of a likely induced tsunami and its effects on a densely inhabited area*. *Bull. Volcanol.* 75:763, DOI 10.1007/s00445-013-0763-9.

Siti internet:

<https://ingvvulcani.wordpress.com/vulcani-in-italia/>

<http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-vulcanico/vulcani-italia>

http://www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/dossier/dettaglio/-/asset_publisher/default/content/aggiornamento-del-piano-nazionale-di-emergenza-per-il-vesuvio

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



2 CE2 – ESCLUSIONE DELLE AREE CONTRASSEGNALE DA SISMICITA' ELEVATA

2.1 GENERALITÀ

Il criterio CE2 prevede l'esclusione delle aree contrassegnate da sismicità elevata, specificando:

“Sono quelle aree contrassegnate da un valore previsto di picco di accelerazione (PGA) al substrato rigido, per un tempo di ritorno di 2475 anni, pari o superiore a 0,25 g, secondo le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, in quanto in tali aree le successive analisi sismiche di sito potrebbero evidenziare condizioni in grado di compromettere la sicurezza del deposito nelle fasi di caricamento e, dopo la chiusura, per tutto il periodo di controllo istituzionale.”

Il criterio CE2 specifica quindi in dettaglio la tipologia di parametro, il valore numerico di soglia e la base di dati da utilizzare per l'esclusione.

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The site should be located in an area of low tectonic and seismic activity such that the isolation capability of the disposal system will not be endangered. Areas of low tectonic and seismic activity should be selected in the regional analysis. Preference should be given to areas or sites where the potential for adverse ... seismic events is sufficiently low that it would not affect the ability of the disposal system to meet safety requirements”*.

Nel seguito vengono riportate le basi teoriche e la procedura utilizzata per la determinazione del parametro di esclusione; viene successivamente analizzata criticamente la base di dati a supporto del parametro stesso, ed infine vengono discussi il campo di applicazione e le limitazioni dell'approccio adottato.

2.2 INTRODUZIONE

Come parametro rappresentativo della sismicità di un'area è stata presa a riferimento la PGA (Peak Ground Acceleration) quale massima accelerazione orizzontale del suolo indotta da un terremoto in ogni punto della superficie terrestre, come risultante degli effetti di sorgente e propagazione delle onde sismiche. La PGA a cui fa riferimento la GT29 è stimata nell'ipotesi di sito rigido, vale a dire prescindendo dagli effetti di amplificazione locale. Un sito viene normalmente considerato rigido quando la velocità media delle onde sismiche di taglio (V_s) nei primi 30 metri della sequenza stratigrafica è maggiore di 800 m/s.

La valutazione della PGA, come di altri parametri caratterizzanti la sismicità di un'area, può in linea di principio essere effettuata utilizzando un approccio deterministico o probabilistico. Nel primo caso si identifica lo scenario sismico più gravoso per il sito (intendendo come scenario un evento sismico di determinata magnitudo e distanza) e a partire da esso si valuta il relativo scuotimento al sito, inteso quindi come un “massimo potenziale”. Nell'approccio probabilistico vengono invece presi in considerazione tutti gli scenari possibili ed i loro contributi relativi alla pericolosità totale; è dunque una procedura più complessa, che fornisce non un singolo livello di scuotimento ma una serie di valori ciascuno associato ad un tempo di ritorno. I valori risultanti dalla procedura sono quindi funzione del tempo di ritorno, a sua volta indicatore di una determinata probabilità di

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



superamento (o eccedenza) del livello stesso in un determinato intervallo temporale, da fissare in funzione della natura dell'installazione, della sua prevista durata operativa e del livello di rischio prefissato.

I valori da prendere a riferimento, come richiesto dal criterio, sono stati determinati seguendo l'approccio probabilistico.

In particolare la PGA indicata nella GT29 è esplicitamente derivante dalle Norme Tecniche delle Costruzioni vigenti al momento della pubblicazione della Guida stessa (NTC 2008), cioè quella pubblicata da INGV nella carta di pericolosità sismica MPS04 (v. par. 2.6).

Ad oggi l'emanazione delle NTC 2018 (D.M. 17/01/2018) non ha modificato i valori di PGA da assumere per la progettazione in quanto viene fatto riferimento ai valori riportati nell'allegato delle NTC 2008.

Nel seguito si riporta una breve sintesi della metodologia utilizzata dai ricercatori per la realizzazione della vigente carta di pericolosità sismica (sopra citata MPS04) ed una breve analisi degli sviluppi scientifici in atto. Vengono poi descritte le specifiche modalità di applicazione del criterio per la realizzazione della CNAPI e viene dato un accenno alle possibili metodologie di definizione puntuale dell'input sismico di progetto per uno specifico sito nelle successive fasi di localizzazione.

2.3 LA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA ITALIANA

2.3.1 Approccio metodologico

La metodologia per l'analisi probabilistica della pericolosità sismica (PSHA, *Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) nasce negli USA verso la fine degli anni sessanta, con la proposta di Cornell (1968) di calcolare i tassi annuali di superamento di un certo livello di scuotimento del terreno e di introdurre tali tassi in un processo temporale di tipo poissoniano; la pericolosità sismica viene quindi definita come il livello di scuotimento avente una certa probabilità di essere superata in un prefissato intervallo di tempo.

Nel 1976 viene pubblicata dall'USGS la prima carta di PSHA degli Stati Uniti; successivamente l'analisi probabilistica diventa strumento di routine a livello mondiale non solo nella redazione delle normative nazionali per le costruzioni, ma anche nella progettazione e verifica di installazioni a rischio, impianti nucleari inclusi.

Per una determinata accelerazione A , il tasso annuale di eccedenza λ_A è calcolato nel seguente modo:

$$\lambda_A = \sum_{i=1}^N \lambda_i \int_{m=M_{\min}}^{M_{\max i}} \int_r P[a > A|m, r] f_{M_i}(m) f_{R_i}(r) dm dr \quad (\text{Eq. 2/1})$$

Dove λ_i è il tasso annuale di sismicità nella sorgente i per eventi di magnitudo eguale o maggiore di M_{\min} , $f_{M_i}(m)$ e $f_{R_i}(r)$ sono le funzioni di probabilità in magnitudo e distanza per la zona i e $P[a > A|m, r]$ è la probabilità che un evento di magnitudo m e distanza r produca al sito una accelerazione maggiore di A ; N infine è il numero di sorgenti sismogenetiche.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Ripetendo il procedimento per diverse A si ottiene una curva del tasso annuale di eccedenza λ_A (o del tempo di ritorno $T_r = 1/\lambda_A$) in funzione del livello di accelerazione considerato.

Nel metodo di Cornell i terremoti sono supposti avvenire nel tempo secondo un processo di tipo poissoniano, vale a dire che la probabilità di occorrenza di un evento non dipende dal tempo trascorso dall'evento precedente. Sotto queste assunzioni, un'accelerazione avente un tasso annuo medio pari a λ avrà una probabilità P di essere superata in un tempo t pari a

$$P = 1 - e^{-\lambda t} \quad (\text{Eq. 2/2})$$

Come illustrato in fig. 2.3/1 la metodologia prevede 4 step fondamentali:

1. L'identificazione e perimetrazione di tutte le sorgenti sismogenetiche potenzialmente significative per il sito in esame.
2. Un modello di ricorrenza degli eventi sismici all'interno di ciascuna sorgente (vale a dire, la frequenza annua attesa per prefissati intervalli di magnitudo)
3. Un modello predittivo dello scuotimento generato ad un sito da un evento di una data magnitudo ed ad una data distanza epicentrale (normalmente basato su equazioni empiriche ricavate a partire dal database di registrazioni accelerometriche). Tale modello tiene normalmente conto della possibile variabilità dei parametri di scuotimento per un dato scenario di evento.
4. L'esecuzione dei calcoli sopra descritti.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---

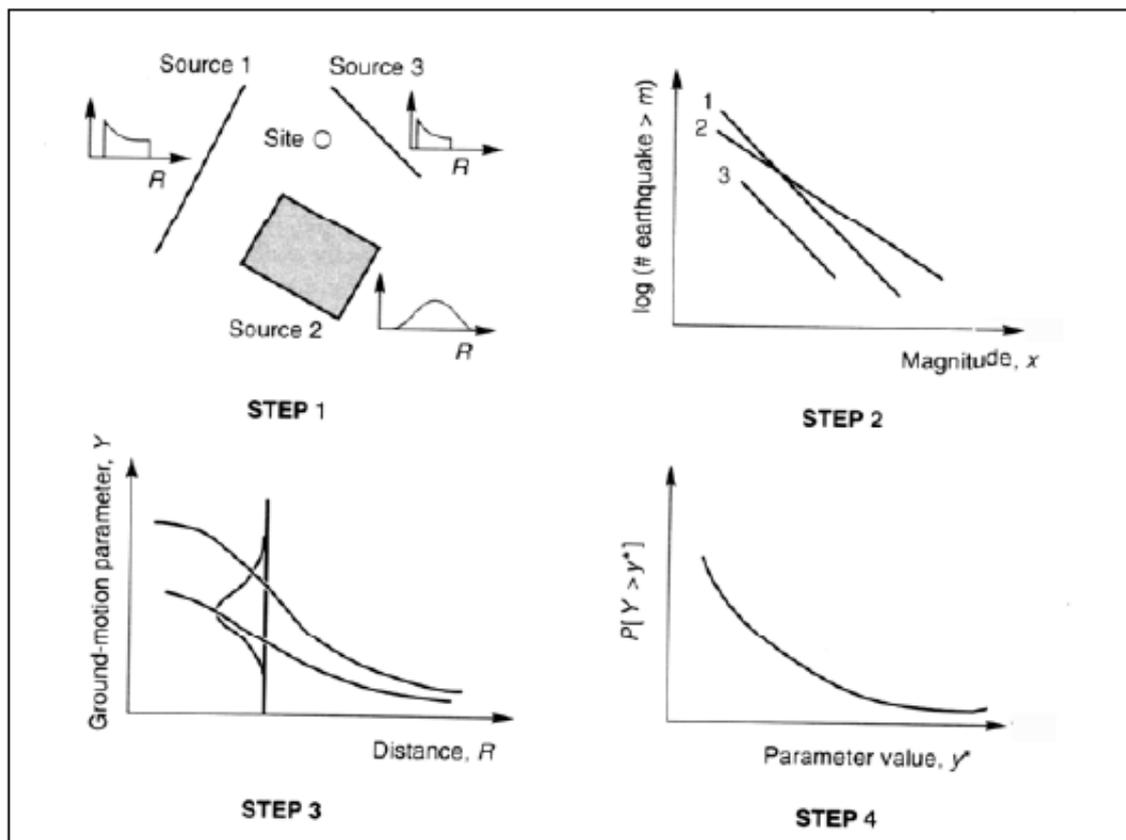


Figura 2.3/1 – Illustrazione della metodologia di Cornell - McGuire

La stima probabilistica è strettamente connessa al concetto di incertezza. Esiste incertezza sia sui dati descrittivi della sismicità (la perimetrazione delle zone sismiche, la loro sismicità, il loro potenziale massimo) sia sui modelli di attenuazione. Nella analisi deterministica si tiene conto di ciò inserendo un certo grado di conservatività nella determinazione dei parametri, ma il risultato finale non tiene traccia in genere delle singole incertezze presenti nel procedimento.

2.3.2 Applicazione al territorio italiano

In Italia, le metodologie probabilistiche iniziano ad essere impiegate negli anni successivi al terremoto irpino del 1980, ma è alla fine degli anni novanta che gli studi a scala nazionale eseguiti dal GNDT (Slejko et al. 1998) e dal Servizio Sismico Nazionale (Romeo e Pugliese, 1998) hanno portato al successivo uso dei risultati ai fini normativi (Gruppo di lavoro per la riclassificazione sismica, 1999).

I valori di pericolosità sismica di base, adottati anche dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) sono stati ricavati dalla Mappa di Pericolosità Sismica (Gruppo di Lavoro 2004), redatta in adempimento alle esigenze formulate dall'Ordinanza PCM n. 2374 del 20/03/2003.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



La redazione è stata curata da un apposito gruppo di lavoro, composto in massima parte da ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ed ha utilizzato un gran numero di dati e conoscenze di recente acquisizione; in particolare:

1. È stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. ZS9 è corredata, per ogni zona sismogenetica individuata, da un meccanismo focale prevalente e da un valore indicativo della profondità, per permettere l'utilizzo delle più avanzate relazioni di attenuazione.
2. È stata prodotta una versione aggiornata del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, denominata CPTI2, includendo: a) la revisione dei terremoti dell'area etnea; b) la determinazione dei valori di M_w e M_L per tutti gli eventi; c) la ricompilazione ex-novo della porzione 1981-1992 e la sua estensione sino al 2002.
3. Sono state verificate, alla luce dei dati forniti dai terremoti più recenti, le relazioni di attenuazione di PGA definite a scala nazionale ed europea; sono state inoltre calcolate, a partire da dati *strong-* e *weak-motion*, tre relazioni di attenuazione valide a livello regionale; con analogo approccio è stata sviluppata una nuova relazione ad *hoc* per le aree vulcaniche.
4. Sono stati determinati due insiemi di intervalli di completezza per il catalogo CPTI2, utilizzando approcci di tipo storico e statistico.

Il primo e fondamentale prodotto del lavoro, come richiesto dall'OPCM 3274, è stata la mappa di PGA con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (equivalente ad un tempo di ritorno pari a 475 anni); le procedure adottate, secondo i criteri in uso nella comunità scientifica internazionale, sono state sottoposte alla revisione di un gruppo di esperti dell'area europea.

La mappa finale è stata ottenuta come mediana di 16 differenti mappe corrispondenti ad altrettanti rami di un albero logico, esploranti possibili alternative riguardo: a) la modalità di valutazione della completezza del catalogo; b) le modalità di valutazione dei tassi di sismicità; c) le relazioni di attenuazione del moto del suolo. La mappa è corredata da una misura dell'incertezza, espressa in termini di distribuzione dei valori dell'84mo percentile relativi al campione delle 16 mappe.

Successivamente, nel quadro della convenzione 2004-2006 tra Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e Dipartimento della Protezione Civile, sono state forniti ulteriori prodotti a completamento delle attività di redazione della Mappa (Progetto INGV – DPC S1, 2006), tra cui i più importanti ai presenti fini risultano essere:

1. La valutazione di PGA (16mo, 50mo e 84mo percentile) con le seguenti probabilità di superamento in 50 anni: 81%, 63%, 50%, 39%, 22%, 5%, 2%, rispettivamente corrispondenti ai tempi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 200, 1000 e 2500 anni. Tale prodotto è stato recepito dalla vigente normativa, che prevede di adottare i valori di azione sismica di progetto ad un tempo di ritorno fissato dalla vita nominale del manufatto e dallo stato limite da sottoporre a verifica.
2. La valutazione del valore di ordinata spettrale a 1s e ad altri periodi di interesse ingegneristico. I valori calcolati permettono la costruzione di una forma spettrale "sito-dipendente"; in tal modo il tradizionale utilizzo di forme spettrali standard, dimensionate in funzione della PGA di ancoraggio e della categoria di terreno,

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



viene modificato dalla presente normativa introducendo parametri sito-dipendenti che modificano la forma spettrale utilizzando i valori calcolati probabilisticamente.

Sono state inoltre eseguite valutazioni ad hoc per le isole, non considerate (con l'eccezione della Sicilia) nella prima fase. Per l'unica isola di interesse ai presenti fini, la Sardegna, è stato concluso che, poiché la scarsità di dati produrrebbe dati poco significativi a livello statistico, in considerazione anche della bassa sismicità strumentale e dell'assenza di notizie storiche di danneggiamenti significativi, viene adottato un unico valore cautelativo di PGA per l'intera regione.

Uno studio eseguito nell'ambito della medesima convenzione ha concluso che la ventilata estensione dei calcoli di pericolosità a tempi di ritorno più elevati (5000 e 10000) risulta tecnicamente impossibile, a meno di cambiare radicalmente l'impianto metodologico; tale cambio comporterebbe però una scarsa coerenza dei risultati con quelli già ottenuti per tempi di ritorno inferiori.

2.3.3 Modelli di base

2.3.3.1 **Modello sismotettonico**

È stata adottata la zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), che individua 36 aree considerate omogenee al loro interno per quanto riguarda il rilascio di energia ed i cinematismi in atto (e di conseguenza i meccanismi focali).

La ZS9 è stata giudicata come lo stato dell'arte delle conoscenze in materia di sismotettonica dell'area italiana. Essa integra il modello cinematico dell'area mediterranea centrale già utilizzato nella precedente zonazione ZS4 (Scandone e Stucchi, 2000) con la versione più recente di diversi *dataset*, e precisamente:

1. Il catalogo CPTI2 (Gasperini 2004), compilato nell'ambito della suddetta redazione, che estende la finestra temporale sino al 2002, includendo quindi anche terremoti recenti avvenuti in aree precedentemente prive di eventi significativi. Concepito espressamente per l'uso in analisi di tipo probabilistico, il catalogo contiene solo eventi principali (tramite cancellazione di *foreshocks* e *aftershocks* secondo una finestra di 90 giorni e 30 km dall'evento), e associa diverse tipologie di magnitudo ad ogni evento, calcolate a partire dai dati macrosismici e/o strumentali disponibili.
2. La banca dati delle sorgenti sismogenetiche italiane DISS 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001), comprendenti strutture ritenute attive su base storica e/o paleosismologica, nonché la compilazione delle faglie attive realizzata dal GNDT (Galadini et al. 2000).
3. La banca dati delle soluzioni dei meccanismi focali dei terremoti italiani (Vannucci e Gasperini, 2003)

Negli anni successivi alla pubblicazione della carta vi è stato chiaramente un periodico aggiornamento dei database citati, ad esempio il catalogo sismico di riferimento (CPTI15, Rovida et al. 2016), nonché del database delle sorgenti sismogenetiche (DISS 3.2.1, DISS working group, 2018).

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Le sorgenti sismogenetiche considerate sono di tipo areale; tale scelta è dovuta all'evidenza che le singole faglie sismogenetiche non sono riconoscibili in maniera netta e l'associazione tra queste e gli eventi è spesso problematica. Nell'area italiana, nonostante il notevole incremento dei dati raccolti negli ultimi anni, volti all'identificazione delle faglie attive ed alla loro associazione con gli eventi conosciuti, non si ritiene che i risultati siano sufficientemente robusti da poter essere applicati nella pratica ingegneristica.

Il bagaglio di conoscenze accumulato sui cinematismi in atto e sull'assetto geologico strutturale delle unità presenti, unito al lungo periodo storico registrato nei cataloghi sismici, ha reso possibile una perimetrazione di dettaglio delle aree potenzialmente generatrici di forti terremoti; va considerato però che tale perimetrazione è frutto di ipotesi confluite in un modello suscettibile di essere modificato alla luce di nuovi dati (si veda ad esempio in Fig. 2.5/1 le variazioni apportate dalla ZS9 rispetto alla zonazione precedente); inoltre, l'ipotesi di base che la sismicità osservata (spesso confinata, in particolare nei pochi forti eventi inclusi nel catalogo storico, ad aree ristrette) sia omogenea all'interno delle aree fa sì che la distribuzione sul territorio dei valori di scuotimento (e quindi, in ultima analisi, la perimetrazione delle aree non idonee dal punto di vista del criterio CE2) sia fortemente dipendente dal modello adottato.

La forte dipendenza dalla zonazione sismotettonica mostrata dalla distribuzione delle PGA comporta che nelle porzioni di territorio non escluse dal criterio CE2 non sono state riconosciute sorgenti sismiche di potenziale rilevanza. Il motivo di base è naturalmente l'assenza in tali aree di una rilevante attività sismica (almeno ai livelli di magnitudo maggiormente significativi ai fini del calcolo dell'*hazard*); permane tuttavia la possibilità che in alcune aree possano verificarsi eventi sismici anche di notevole entità, ma con frequenze di occorrenza tali da non essere registrate (o correttamente ubicate) nel periodo coperto dai cataloghi storici (aventi un intervallo di completezza stimato in pochi secoli). Per tale motivo, come descritto nel paragrafo 2.5.1, nelle future versioni non solo il modello sismotettonico verrà modificato tenendo conto non solamente dell'aggiornamento dei dati di base e del quadro geodinamico generale dell'area italiana, ma anche affiancando alla zonazione in aree omogenee approcci alternativi secondo metodologie ormai ampiamente consolidate a livello mondiale.

Possibili approcci in tal senso riguardano l'inclusione di sorgenti individuali, vale a dire singole strutture tettoniche individuate come potenzialmente sismogenetiche, caratterizzate sia in termini geometrici che di attività in epoca olocenica sulla base degli studi paleosismologici; tale approccio è già stato utilizzato in aree limitate del territorio nazionale (si veda ad esempio Pace et al., 2006).

Un altro possibile approccio riguarda l'adozione di modelli di smoothed seismicity (Frankel, 1995) basati unicamente sulla distribuzione degli eventi osservata e spesso applicati in aree (come gli Stati Uniti orientali) dove l'ubicazione delle strutture sismogenetiche è conosciuta con eccessiva incertezza.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---

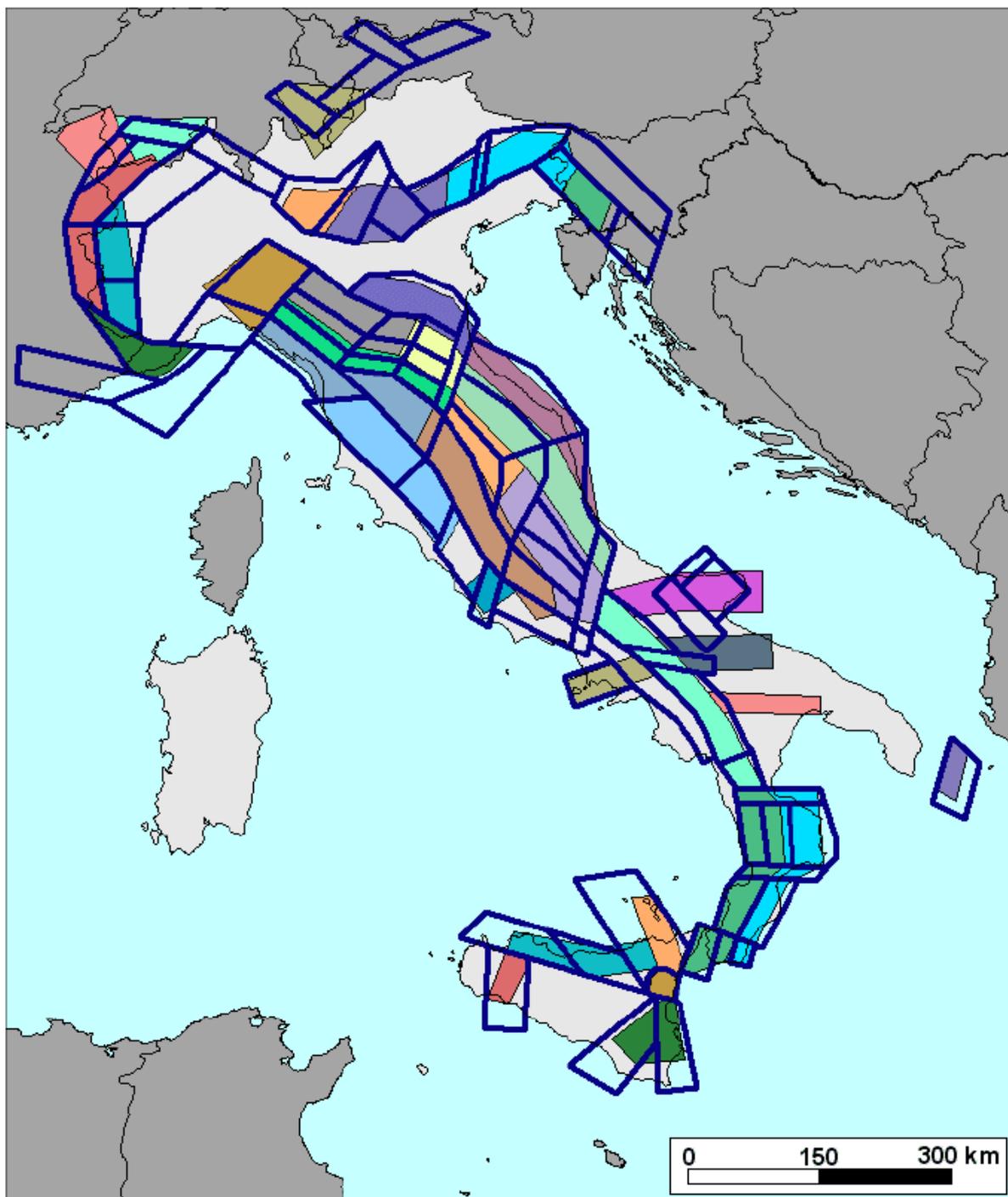


Figura 2.5/1 - Differenze fra la zonazione ZS9 (aree in colore) e la ZS4 (linee blu) adottata in precedenza (Da Meletti e Valensise, 2004)

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



2.3.3.2 Tassi di sismicità

Il metodo di Cornell richiede che per ogni sorgente venga stimata una legge di ricorrenza a partire dal catalogo sismico disponibile. Tale legge fornisce per ogni magnitudo M il tasso annuo di eventi λ_M avente magnitudo $m \geq M$.

Viene generalmente accettata una dipendenza del numero dei terremoti N dalla magnitudo di tipo esponenziale inverso espressa dalla nota relazione di Gutenberg e Richter:

$$\log_{10} N = a - b M \quad (\text{Eq. 2/3})$$

dove a è il numero totale di eventi avente $M \geq 0$, mentre b quantifica il rapporto numerico tra piccoli e grandi sismi e, al contrario di a , non dipende né dall'estensione dell'area né dal periodo considerato ma è una caratteristica intrinseca della sorgente sismogenetica. L'attendibilità dei tassi di ricorrenza calcolati dipende chiaramente dal numero di eventi a disposizione, essendo chiaramente inattendibili elaborazioni statistiche su un numero ristretto di dati. Questo requisito pone notevoli limitazioni nell'esecuzione di zonazioni sismogenetiche di dettaglio, in quanto l'eccessiva restrizione delle zone sorgente per tener conto delle diverse caratteristiche sismotettoniche può portare a stime di sismicità basate su un numero troppo poco significativo di eventi. Si consideri che il numero medio di eventi nelle aree ZS9 è di 42, e due zone hanno meno di 10 eventi a catalogo, con pesanti ricadute sulla valutazione dei tassi di ricorrenza.

Vi sono inoltre alcuni parametri la cui scelta condiziona pesantemente i risultati finali:

1. La stima dell'intervallo di completezza dei dati per singole zone e classi di magnitudo. La pericolosità calcolata dipende direttamente dal tasso di sismicità annuo delle aree sismogenetiche, ed una stima attendibile richiede che gli eventi sismici utilizzati siano realmente rappresentativi. In altre parole, nel periodo analizzato non devono esserci eventi persi o fittizi; fatto questo che limita, andando indietro negli anni, l'attendibilità dei dati storici.
2. La massima possibile magnitudo assegnata alle singole zone. Tale magnitudo è chiaramente limitata verso il basso dai valori registrati, mentre il limite superiore viene generalmente fissato sulla base del modello sismotettonico con una inevitabile dose di "*expert judgement*" che è una potenziale fonte di errore; va tuttavia rimarcato che l'influenza di tale parametro è notevolmente superiore nelle analisi deterministiche (mentre nell'approccio probabilistico l'influenza viene mitigata dall'estrema rarità degli eventi a massima magnitudo), ed è proprio questo uno dei motivi che ha portato alla diffusione dei modelli probabilistici anche in campi come quello degli impianti nucleari.
3. La minima magnitudo considerata nei calcoli. Anche se apparentemente meno influente della magnitudo massima, in realtà l'elevato numero di piccoli terremoti, particolarmente per tempi di ritorno lunghi, ha influenza sui valori di *hazard* in ragione della variabilità intrinseca dei valori di scuotimento legati ad un singolo evento (si veda il par. 3.5.3). Nella carta in esame, è stata considerata una classe minima centrata su $M_s = 4.30$ (comprendente sismi compresi tra 4.15 e 4.45).

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Per concludere, occorre rimarcare che l'intervallo di completezza del catalogo CPTI varia tra poco più di cento anni per piccole magnitudo sino a circa 600-800 anni (per diverse aree e metodi di stima) per le magnitudo più elevate (≥ 7). Questo dato, confrontato con gli intervalli di ricorrenza di forti eventi, stimati anche in diverse migliaia di anni, fa capire come la finestra temporale dei dati sia inadeguata a fornire una stima attendibile dei tassi alle magnitudo più grandi, soprattutto a tempi di ritorno lunghi e di gran lunga più estesi dell'intervallo di completezza.

2.3.3.3 Equazioni predittive dello scuotimento

La probabilità che un evento generi al sito un'accelerazione maggiore di un livello prefissato (Eq. 2/1) viene calcolata generalmente a partire da una relazione costruita empiricamente attraverso l'analisi di un certo numero di accelerogrammi registrati, correlando i parametri descrittivi dello scuotimento (PGA, accelerazioni spettrali, ecc.) con la magnitudo e la distanza del sisma e a volte con parametri ulteriori quali la tipologia di sito, il meccanismo focale e così via. Le equazioni così costruite (normalmente indicate come leggi di attenuazione) forniscono, per una data tipologia di evento, una distribuzione di probabilità di tipo log-normale dell'accelerazione risultante, espressa da un valore medio atteso e da una deviazione standard.

Nella Carta di Pericolosità italiana sono state adottate due relazioni pubblicate in letteratura, basate su un consistente set di dati accelerometrici e ritenute valide per l'area italiana:

1. Le relazioni di *Ambraseys et al.* (1996), basate su 422 registrazioni accelerometriche da 157 eventi sismici dell'area europea e regioni adiacenti, di magnitudo compresa tra 4.0 e 7.5 e distanze sino a 200 km.
2. Le relazioni di *Sabetta e Pugliese* (1996), basate su 95 registrazioni accelerometriche da 17 eventi sismici dell'area italiana di magnitudo compresa fra 4.6 e 6.8.

Entrambe le equazioni forniscono i valori di PGA e le ordinate spettrali, calcolate ad uno smorzamento pari al 5%, a partire dalla magnitudo dell'evento M , dalla sua distanza R e da un parametro S rappresentativo della tipologia di sito, secondo una forma del tipo:

$$\log_{10}(y) = a + b M + c \log_{10} (R^2 + h^2)^{1/2} + e(S) + \sigma P$$

dove y è il parametro di scuotimento considerato, σ è la deviazione standard della distribuzione, P è pari a 0 ed 1 rispettivamente per il 50° e 84° percentile; a , b , c , h ed e sono i parametri della regressione ottenuta.

Sono state inoltre utilizzate leggi di attenuazioni "regionali" ricavate dall'applicazione delle leggi di scala a registrazioni sismometriche di piccoli eventi e di esplosioni.

In analogia con quanto detto per le aree sismogenetiche (che debbono essere sufficientemente grandi da consentire una adeguata statistica dei dati, anche a scapito delle possibili eterogeneità interne), anche in questo caso occorre adottare una scelta di compromesso tra numero di dati utilizzati (che consentono una migliore analisi di regressione) ed ampiezza dell'area analizzata, che con l'aumentare dell'estensione

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



finisce per includere porzioni crostali e situazioni sismotettoniche molto diverse. Altro potenziale problema è la povertà di dati disponibili a piccola distanza da un terremoto di elevata magnitudo, cioè la situazione più interessante per una precisa determinazione della pericolosità.

La crescente disponibilità di dati relativi a forti eventi sismici occorsi in aree provviste di una densa rete di monitoraggio porta ad una sempre migliore definizione delle stime empiriche di scuotimento. Successivamente alla pubblicazione della carta sono state rese disponibili nuove equazioni predittive dello scuotimento del suolo, sia a livello mondiale che a livello regionale (si veda ad esempio per l'area italiana Bindi et al., 2011).

2.4 APPLICAZIONE DEL CRITERIO

Nella procedura che ha portato alla realizzazione della CNAPI (doc. DN GS 00056), l'applicazione dell'esclusione relativa al presente criterio è stata realizzata utilizzando i dati prodotti dall'INGV e disponibili *online* all'indirizzo <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>. La pericolosità sismica è espressa in termini di accelerazione massima del suolo (PGA - *Peak Ground Acceleration*) e riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s, ovvero cat. A, punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008), con diverse probabilità di eccedenza in 50 anni: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2% (Meletti e Montaldo, 2007).

In ottemperanza a quanto fissato dal criterio CE2, è stato considerato un tempo di ritorno di 2475 anni (probabilità di eccedenza in 50 anni pari al 2%) e una PGA pari o superiore a 0.25 g.

I valori di PGA forniti dall'INGV, sono attribuiti ad un *grid* regolare di punti, con passo di 0.05° (circa 5.5 x 5.5 km); in totale il *set* di dati è formato da 16852 punti. Per ciascun punto vengono date le coordinate geografiche (riferite al *datum* ED50), i valori standard di accelerazione al suolo (50° percentile) e le misure delle incertezze espresse in termini di 16° e 84° percentile. In particolare, ad ogni punto sono associati i seguenti parametri:

- "id", identificativo del punto della griglia di calcolo;
- "lon", longitudine espressa in gradi sessadecimali;
- "lat", latitudine espressa in gradi sessadecimali;
- "ag", accelerazione massima del suolo (50mo percentile, valore standard), espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- 16perc, accelerazione massima del suolo (16mo percentile), espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- 84perc, accelerazione massima del suolo (84mo percentile), espressa come frazione dell'accelerazione di gravità.

Per prima cosa, le coordinate dei punti di *input* sono state convertite nel sistema WGS84/UTM_SITING; poi, è stata realizzata una mappa *raster* della PGA con risoluzione di 1000 metri ricavata mediante interpolazione lineare della variabile "ag", che consente di stimare il valore di "ag" nei nodi di un grigliato regolare, con maglia di 1000x1000 m. Per l'interpolazione si fa uso del *kriging* ordinario (ESRI 2001) di cui si riportano di seguito i parametri inferiti dall'analisi spaziale dei dati INGV (Fig. 2.6/1):

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- Variogramma teorico di tipo stabile², isotropo con *range* pari a 160 km, *sill* uguale a 0.017657 e parametro di forma uguale a 1.57. L'andamento parabolico del variogramma, nell'origine del grafico cartesiano, indica una elevata continuità della PGA a piccola scala.
- Vicinaggio di stima mobile, che utilizza i 15 punti noti più vicini a ciascun nodo del *grid*.

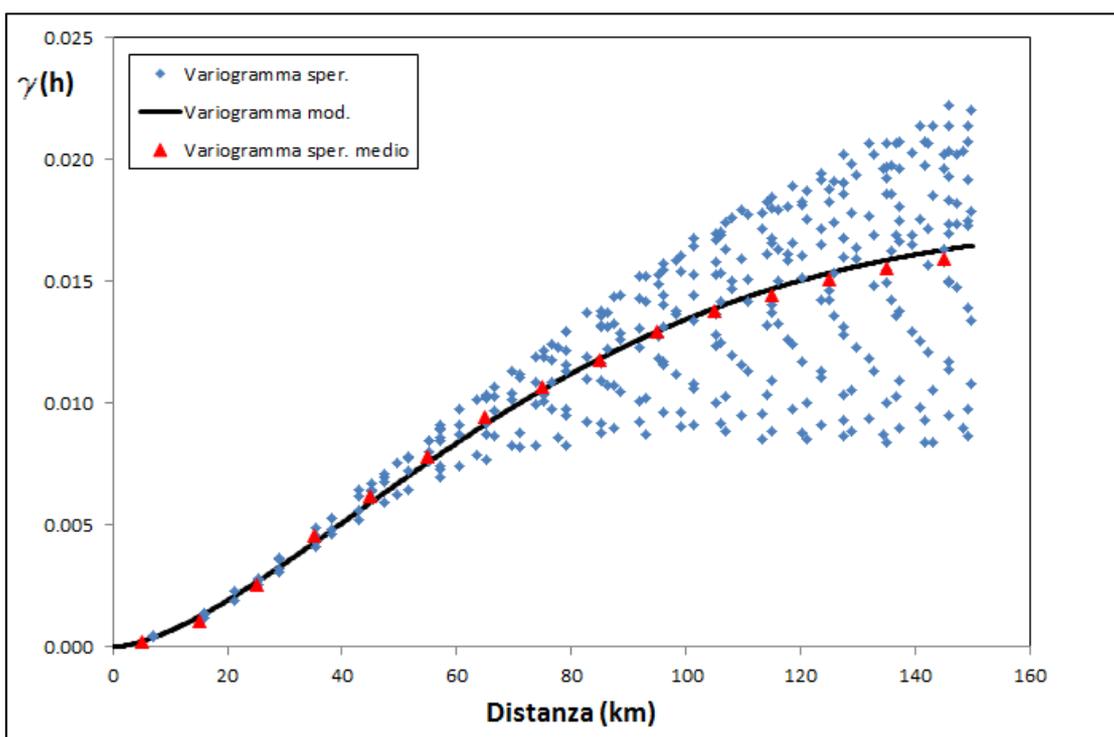


Figura 2.6/1 - Variogramma sperimentale (passo $h=10$ km e n° passi=15) dei dati di PGA ("ag", 50mo percentile) e suo aggiustamento con variogramma modello di tipo stabile

Dal *file raster* si è passati ad una rappresentazione vettoriale ad isolinee mediante il *tool Filled Contours* presente negli *Spatial Analyst Supplemental Tools*, che viene ritagliata sui confini nazionali.

Da quest'ultimo *shapefile* sono state estratte le aree con PGA pari o superiore a 0.25 g per procedere all'esclusione.

$$^2 \gamma(h) = C \left[1 - \exp \left(- \left(\frac{\delta h}{a} \right)^\alpha \right) \right] \quad \delta = \sqrt[3]{3}$$

C: Sill
a: Range
α: Parametri di forma

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



2.5 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

2.5.1 Carta della pericolosità sismica

Nel corso del periodo successivo al 2015 è stato verificato che la mappa di pericolosità sismica a base del criterio CE2 non ha subito alcuna modifica.

E' stato altresì verificato che, nell'ambito della convenzione 2015 tra Dipartimento della Protezione Civile ed INGV, quest'ultimo si è fatto carico di realizzare un nuovo modello di pericolosità sismica del territorio nazionale che possa aggiornare l'attuale modello di riferimento (MPS04) rilasciato tra il 2004 e il 2006. Il nuovo modello è stato già oggetto di revisioni, nessuna delle quali resa pubblica. Nella convenzione DPC-INGV per il triennio 2019-2021 (allegato B1) viene riportato a pag. 24:

“Alla fine del 2018 il CPS ha rilasciato il modello denominato MPS18. Il modello è il risultato dell'interazione con il Gruppo di Lavoro per la revisione (GdL) nominato da DPC a ottobre 2017 che ha suggerito numerose integrazioni, verifiche, aggiustamenti. Questi interventi sono dovuti alla complessità del modello che si sta mettendo a punto, alle scelte innovative introdotte, alla necessità di rilasciare un prodotto finale largamente condiviso ed accettato. Il modello MPS18 non può essere ancora considerato definitivo, sebbene molto prossimo ad esserlo, in quanto ancora alcuni dettagli devono essere finalizzati in accordo con il GdL. Nel corso del 2019 si prevede la chiusura definitiva del modello MPS19 con la realizzazione delle stime per i periodi di ritorno e le ordinate spettrali previste inizialmente (anche in accordo con i Centri di Competenza del DPC per l'ingegneria sismica), su una griglia di calcolo sufficientemente fitta. La consegna sarà accompagnata dalla predisposizione della documentazione di tutto il processo seguito per ottenere il modello finale e dalla pubblicazione del nuovo sito webGIS attraverso il quale rilasciare i dati in forma di mappe, curve di pericolosità, spettri a pericolosità uniforme, disaggregazione. A valle della valutazione del modello MPS19 da parte della Commissione Grandi Rischi, ove nulla osti, si procederà a realizzare le stime per gli ulteriori parametri individuati inizialmente, vale a dire intensità macrosismica, spostamento, velocità, intensità di Arias o Housner, con approcci che saranno valutati con il GdL, al fine di ottenere stime confrontabili in termini di qualità con quelle in accelerazione, nonché stime per diverse classi di suolo.”

È dunque presumibile che in un prossimo futuro venga resa pubblica una nuova carta della pericolosità, basata sull'aggiornamento dei dati di base e delle metodologie di valutazione dei tassi di sismicità e degli scuotimenti sopra descritte.

2.6 RAPPORTI TRA CRITERIO DI ESCLUSIONE CE2 ED INPUT SISMICO DI PROGETTO

Lo scopo ultimo dell'analisi di pericolosità sismica risiede nella stima dei parametri descrittivi dello scuotimento atteso ad un sito da utilizzare, ad esempio:

1. come azione sismica di progetto nella pratica ingegneristica; a tale scopo viene identificato un tempo di ritorno in funzione della durata prevista del manufatto e dello stato limite considerato;
2. come valore di input nelle analisi di rischio;
3. come strumento di classificazione del territorio ad usi normativi.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Nel contesto dei criteri di esclusione per la realizzazione della CNAPI, la scelta del parametro descrittivo (la PGA), del tempo di ritorno associato (2475 anni) e del valore di soglia (0.25 g), non deve essere considerata come un elemento da utilizzare a fini progettuali come avviene ad esempio nelle Norme Tecniche per le Costruzioni attualmente in vigore; tale scelta deriva piuttosto dalla necessità di una identificazione quantitativa ed univoca della soglia oltre la quale un'area viene considerata ad elevata sismicità e, in quanto tale, non idonea alla localizzazione del Deposito Nazionale in accordo con le Linee Guida IAEA.

Si ritiene opportuno puntualizzare quanto segue:

1. Nonostante il diffuso utilizzo della PGA come parametro descrittore della pericolosità sismica, essa da sola non è certamente sufficiente a quantificare l'azione sismica ai fini progettuali, essendo necessario determinare quanto meno l'entità dell'azione sismica a varie frequenze (valori spettrali), e particolarmente a quelle più significative in funzione della tipologia di manufatto. Anche parametri di altro tipo, quali la durata attesa dello scuotimento, sono parimenti di grande importanza nel caso dell'insorgenza di importanti effetti non lineari.
2. I valori di PGA presi in considerazione si riferiscono ad un ideale sito rigido, e quindi all'assenza dei ben noti effetti di amplificazione dovuti al locale assetto geologico e geomorfologico. Tali effetti possono modificare radicalmente l'entità dell'azione sismica e, in virtù della estrema variabilità, non possono essere inclusi in una procedura di screening a larga scala.
3. Il periodo di ritorno utilizzato (2475 anni), vale a dire il maggiore tra quelli prodotti nell'ambito dello studio in esame, non è certamente adeguato alla progettazione di manufatti aventi una vita prevista di diversi secoli. A titolo di esempio, a fronte di una ipotetica vita utile di 500 anni, il valore considerato di PGA ha quasi il 20% di probabilità di essere superato nel periodo di vita. Non sono disponibili valutazioni a scala nazionale riferite a tempi di ritorno maggiori, in considerazione della limitata copertura temporale fornita dal *dataset* fondamentale, vale a dire il catalogo sismico.

In conclusione i soli valori di pericolosità sismica (PGA) adottati nel criterio CE2 non sono certamente sufficienti a valutare l'idoneità di un potenziale sito di stoccaggio dal punto di vista sismico, **ma solamente a fornire un criterio quantitativo di screening preliminare del territorio a livello nazionale** (si evidenzia che con tale criterio risulta escluso circa il 44% del territorio nazionale). Il valore di soglia adottato (PGA al substrato rigido, per un tempo di ritorno di 2475 anni, pari o superiore a 0,25 g) porta all'esclusione di gran parte delle aree caratterizzate da un massimo risentimento storico pari o superiore al IX grado MCS (Fig. 2.6/1), con alcune eccezioni (ad esempio area del Tavoliere pugliese, Toscana settentrionale) che potranno eventualmente essere valutate a parte in successive fasi di localizzazione.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---

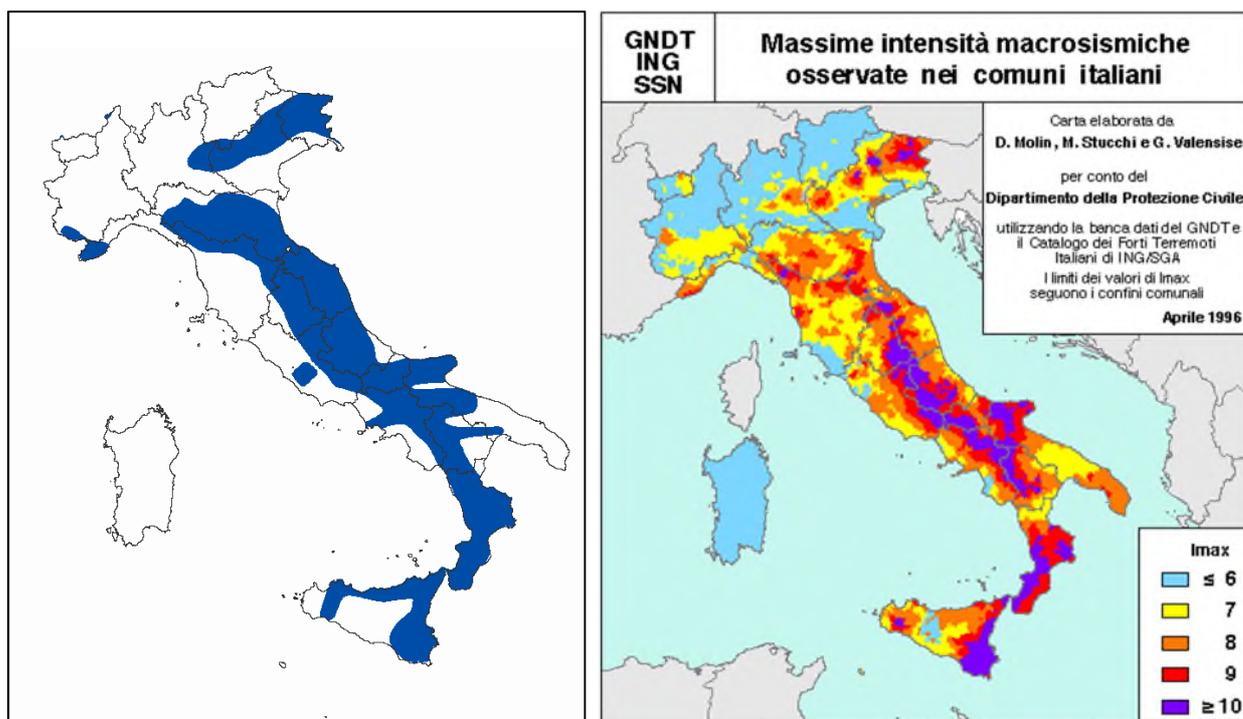


Figura 2.6/1 – Confronto tra l'applicazione del criterio CE2 a sinistra e la Carta delle Massime intensità macrosismiche osservate (GNDT-ING-SSN 1996) a destra

Un'analisi della pericolosità utilizzabile per le verifiche e gli eventuali adeguamenti progettuali richiederà certamente un approfondimento della conoscenza del potenziale sismogenetico e delle caratteristiche di rilascio temporale delle strutture tettoniche in un intorno significativo (strutture spesso ancora poco conosciute, specialmente in aree a non elevata sismicità), attraverso indagini ad hoc che consentano di integrare i dati incompleti e temporalmente poco estesi dei cataloghi sismici. L'analisi, svolta a tempi di ritorno adeguati alla durata prevista per l'opera, permetterà di individuare gli scenari potenzialmente più critici da analizzare dettagliatamente in maniera deterministica (secondo quindi un approccio ibrido, si veda ad esempio Convertito et al., 2009), con tecniche di simulazione sorgente/propagazione che permettano una stima di scuotimento più dettagliata e realistica di quelle fornite dalle leggi empiriche, e con inclusione degli effetti dovuti alla geologia locale, che presuppongono un'accurata conoscenza dei parametri geometrici e meccanici dei terreni sottostanti il sito, conoscenza raggiungibile solamente nella fase di investigazione diretta.

Un approccio di questo tipo è esplicitamente indicato nella SSG9 (IAEA 2010): *“The ground motion hazard should preferably be evaluated by using both probabilistic and deterministic methods of seismic hazard analysis.”* (par. 5.1).

L'importanza dell'analisi di tipo deterministico ai fini di una attendibile caratterizzazione del moto al suolo è ribadita nella SRS-85 (IAEA 2015), che analizza in dettaglio le tecniche più avanzate per la predizione dello scuotimento a partire da un modello di dettaglio del processo di rottura durante l'evento sismico e da un modello realistico della porzione di litosfera interessata dalla propagazione delle onde sismiche.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



L'inclusione degli effetti della geologia locale nella stima dell'input sismico di progetto è analizzata nel TECDOC-1796 (IAEA 2016), che in considerazione dell'inadeguatezza degli approcci semplificati alla stima dell'amplificazione locale, normalmente utilizzati nelle normative civili, incoraggia l'utilizzo combinato di tecniche numeriche (propagazione d'onda all'interno di modelli quantitativi del sottosuolo) e sperimentali (confronto tra registrazioni reali ottenute al sito di interesse e dati osservati o calcolati riferiti ad un sito rigido).

2.7 BIBLIOGRAFIA

Guide IAEA

IAEA (2014), *Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste*, SSG-29.

IAEA (2010), *Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, SSG-9.

IAEA (2015), *Ground Motion Simulation Based on Fault Rupture Modelling for Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations*, SRS-85.

IAEA (2016), *Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations: Ground Motion Prediction Equations and Site Response*, TECDOC-1796.

Bibliografia citata

Albini P., Camassi R., Castelli V. e Stucchi M. (2001): Miglioramento della qualità delle informazioni macrosismiche per un loro utilizzo nella valutazione della pericolosità sismica, *Rapporto tecnico INGV-MI per il Servizio Sismico Nazionale*, 195 pp.

Ambraseys, N.N., Simpson, K.A. e Bommer, J.J. (1996): *Prediction of horizontal response spectra in Europe*, *Earthq. Eng. and Struct. Dyn.*, 25, 371 – 400.

Bindi D., Pacor F., Luzi L., Puglia R., Massa M., Ameri G. e Paolucci R. (2011): Ground motion prediction equations derived from the Italian strong motion data, *Bull Earthquake Eng*, 9, 1899 – 1920.

Convertito, V., Emolo, A. e Zollo, A. (2006): *Seismic-hazard assessment for a characteristic earthquake scenario: an integrated probabilistic–deterministic method*. *Bull Seism. Soc. Am.*, 96(2), 377-391.

Cornell, C.A. (1968): *Engineering seismic risk analysis*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58(1), 1583-1606.

Dip. Scienze della Terra Università di Roma La Sapienza (2014): Valutazione della sismicità del territorio italiano. Doc. Sogin DN GS 00095.

DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Frankel, A. (1995): *Mapping seismic hazard in the Central and Eastern United States*, *Seism. Res. Lett.*, 66, 4, 8 – 21.

Galadini, F., Meletti, C. e Vittori, E. (2000), Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie, in: *Galadini, F., Meletti, C. e Rebez, . (a cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)*, CNR-GNDT, 107-136.

Gasperini, P. (a cura di, 2004): *Catalogo dei terremoti CPTI2, App. 1 al rapporto conclusivo del Gruppo di Lavoro per la Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 – INGV*, 38 pp.

Gruppo di Lavoro (2004): *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dip. di Protezione Civile, INGV*, 65 pp. + appendici.

Gruppo di Lavoro per la Riclassificazione Sismica (1999): *Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale, Ingegneria sismica*, 1, 5-14.

Meletti, C. e Valensise, G. (2004): *Zonazione sismogenetica ZS9, App. 2 al rapporto conclusivo del Gruppo di Lavoro per la Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 – INGV*, 38 pp.

Meletti C., Montaldo V. (2007). *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2*, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>.

Pace B, Peruzza L, Lavecchia G, Boncio P (2006): *Layered seismogenic source model and probabilistic seismic hazard analyses in Central Italy*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 96(1), 107–132.

Progetto INGV – DPC S1 (2006): *Proseguimento dell'assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'ordinanza PCM n. 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi*, <http://esse1.mi.ingv.it>.

Romeo, R. e Pugliese A. (1997): *Analisi probabilistica della scuotibilità del territorio italiano. Ingegneria sismica*, 2(97), 68-77.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli B., Gasperini P. (eds), 2016. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Sabetta, F. e Pugliese, A. (1996): *Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86(2), 337-352.

Scandone, P. e Stucchi, M. (2000). La zonazione sismogenetica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica. *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996–1999)*, 3-14.

Slejko, D., Peruzza, L. e Rebez, A. (1998): *Seismic hazard maps of Italy*. *Annals of Geophysics*, 41(2).

Valensise, G. e Pantosti, D. (2001): *The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review*. *Journal of Seismology*, 5(3), 287-306.

Vannucci, G. e Gasperini, P. (2003): *A database of revised fault solutions for Italy and surroundings regions*, *Computer and Geosciences*, 29 (7), 903-909.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



3 **CE3 – ESCLUSIONE DELLE AREE INTERESSATE DA FENOMENI DI FAGLIAZIONE**

3.1 GENERALITÀ E STUDIO DI RIFERIMENTO

Il criterio di esclusione CE3 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree interessate da fenomeni di fagliazione, specificando nel contempo i *database* di riferimento per la localizzazione dei fenomeni stessi:

“Questi lineamenti tettonici sono evidenziati nel catalogo ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) e nel database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)”.

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“Preference should be given to areas or sites where the potential for adverse ... tectonic ... events is sufficiently low that it would not affect the ability of the disposal system to meet safety requirements”*, considerando in particolare *“recent or historic evidence of active faulting...”*.

Per una più esaustiva trattazione dell'argomento, per la definizione di proposta di modalità di applicazione del criterio e per lo svolgimento di una serie di controlli nel sesto livello di analisi, è stato richiesto supporto al Dipartimento di Scienza ed Alta Tecnologia (DISAT) dell'Università dell'Insubria (resp. A.M. Michetti). Di seguito si riporta una sintesi dello studio (2014) e le conseguenti modalità di applicazione adottate per la redazione della CNAPI. Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai relativi documenti.

3.2 INTRODUZIONE

La pericolosità della fagliazione del suolo, causata da eventi sismici o movimenti crostali lenti, è un fattore fortemente limitante l'idoneità delle aree rispetto ad un requisito di sicurezza primario sia nel periodo di caricamento del deposito e quindi durante la sua attività e nei secoli successivi del controllo istituzionale del sito.

La fagliazione superficiale è nello specifico la dislocazione in corrispondenza, ovvero in prossimità, della superficie topografica che deriva, per via diretta od indiretta, da movimenti tettonici lungo faglie, accompagnati o meno da forti rilasci di energia sismica. I fenomeni di dislocazione (rottura) della superficie topografica non vanno confusi con la deformazione della superficie stessa a seguito di un evento sismico. La deformazione (oggi accuratamente misurata attraverso l'interferometria da satellite o *InSAR*) è un fenomeno associato a tutti gli eventi sismici e coinvolge una vasta porzione di territorio; la dislocazione è osservata solo in alcuni eventi (particolarmente ad elevate magnitudo) e coinvolge aree più ristrette; tuttavia, mentre le conseguenze ingegneristiche delle deformazioni sono limitate, le dislocazioni hanno un ben maggiore potenziale di danneggiamento.

Nella SSG9 (IAEA, 2010) al par. 8.3 sono definite “faglie capaci” quelle faglie che presentano significative potenzialità di generare dislocazioni in corrispondenza o in prossimità della superficie topografica.

Come esplicitato nella medesima guida (par. 8.4), una faglia dovrebbe essere considerata capace in presenza delle seguenti condizioni:

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- evidenze di passati movimenti (deformazioni significative e/o dislocazioni), ripetuti all'interno di un arco temporale che porta a ritenere ragionevole l'occorrenza di ulteriori futuri movimenti alla superficie o in prossimità di essa;
- esistenza di una relazione strutturale con una faglia capace già nota;
- la massima magnitudo associata ad una sorgente sismogenetica è sufficientemente elevata da far ipotizzare, in presenza dell'attuale assetto tettonico dell'area, il verificarsi di dislocazioni della superficie topografica.

Per definizione, le faglie capaci costituiscono pertanto un sottoinsieme delle faglie attive, e più precisamente sono quelle faglie attive in grado di produrre fagliazione superficiale (Azzaro et al., 1998).

In generale, le zone di faglia vengono suddivise in vari segmenti, separati da discontinuità che possono essere di natura geometrica (variazioni nell'orientazione del piano di faglia), strutturale (ramificazioni o intersezioni con altri elementi) o comportamentale (variazioni nei tassi di deformazione, intervalli intersismici). Nel caso di faglie capaci in grado di produrre forti terremoti, la fagliazione superficiale connessa ad un singolo evento sismico può comunque coinvolgere più segmenti di faglia, specie quando la magnitudo raggiunge o supera valori di M_w circa uguale a 7; secondo la classificazione sviluppata da De Polo et al. (1991), si distinguono tre tipologie di fagliazione superficiale:

- **Primaria:** fagliazione che si ritiene direttamente connessa alla rottura della struttura sismogenetica;
- **Secondaria:** fagliazione di un elemento strutturale secondario (faglia o piega) connesso alla faglia sismogenetica principale;
- **Simpatetica:** fagliazione che si sviluppa in un elemento strutturale "isolato" dalla sorgente sismogenetica a seguito delle variazioni regionali nel campo di *strain* indotte dall'evento sismico.

Sono comprese all'interno di questa classificazione anche strutture cieche o non affioranti, ma comunque in grado di produrre significative dislocazioni e/o deformazioni della superficie topografica a carattere secondario.

3.3 VALUTAZIONE FAGLIAZIONE SUPERFICIALE

La valutazione della fagliazione superficiale si sviluppa a partire da un modello concettuale della realtà fisica, a sua volta basato su alcuni assiomi, che permettano di definire i caratteri peculiari del territorio e i fenomeni naturali connessi.

L'analisi integrata del complesso dei dati raccolti sono quindi, finalizzati all'elaborazione di uno schema interpretativo del territorio che consenta di inserire in un unico quadro conoscitivo tutti gli elementi geognostici e geotecnici di interesse. Questo quadro costituisce il modello geologico, geotecnico di riferimento, in grado di descrivere in modo adeguato la struttura dell'area di progetto con riferimento specifico alle condizioni al contorno di interesse per il mantenimento in sicurezza delle infrastrutture che potrebbero essere realizzate in tale territorio. Questi obiettivi vengono perseguiti mediante varie tipologie di indagine, afferenti a numerose discipline delle Scienze della Terra, tra cui la

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



stratigrafia, la geologia strutturale, la geomorfologia e la paleosismologia (Machette, 2000).

Per una corretta analisi della valutazione del pericolo sismico di una regione è di fondamentale importanza il riconoscimento, l'analisi ed il censimento degli effetti sismoindotti. Ciò rappresenta un metodo innovativo per la definizione della vulnerabilità del territorio poiché tiene conto, degli effetti indotti sull'ambiente sia dai terremoti storici, che da quelli recenti, si può ipotizzare, una pianificazione degli interventi finalizzati alla mitigazione dei rischi derivati da tali effetti (Porfido et al., 2007).

Strutture tettoniche superficiali attivate in occasione di terremoti con energia moderata o elevata ($M > 5$) possono provocare modificazioni geomorfologiche più o meno permanenti nel paesaggio. I più comuni effetti geomorfologici indotti da un evento sismico possono essere:

- fagliazioni superficiali (primaria, secondaria)
- fenomeni di liquefazione
- fenomeni franosi
- variazioni idrogeologiche
- tsunami

L'analisi del territorio non si limita ad identificare solo strutture cosismiche, ma comprende anche quei casi in cui si rileva deformazione del suolo legata a movimenti lungo le faglie. Di conseguenza, fagliazione superficiale o dislocazioni permanenti del suolo non sono necessariamente connesse al verificarsi di un evento sismico, ma possono avvenire anche in relazione a movimenti crostali lenti (*fault creep*) o ad altre tipologie di fenomeni naturali, correlabili ad esempio a processi vulcanici o alla presenza di gradienti geotermici anomali, o antropici (estrazione di fluidi dal sottosuolo), movimenti gravitativi profondi, dissoluzione di formazioni saline, ecc. (McCalpin, 2014).

Per differenziare faglie tettoniche da faglie non tettoniche serve una conoscenza approfondita:

1. processi, tettonici, geologici, geomorfologici che hanno portato alla formazione di una faglia
2. caratteristiche fisiche della faglia
3. una conoscenza del *setting* tettonico e geologico dell'area considerata

In figura 3/1 viene riportato un grafico che mette in relazione le strutture capaci con i fenomeni naturali che sono responsabili della fagliazione superficiale.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04

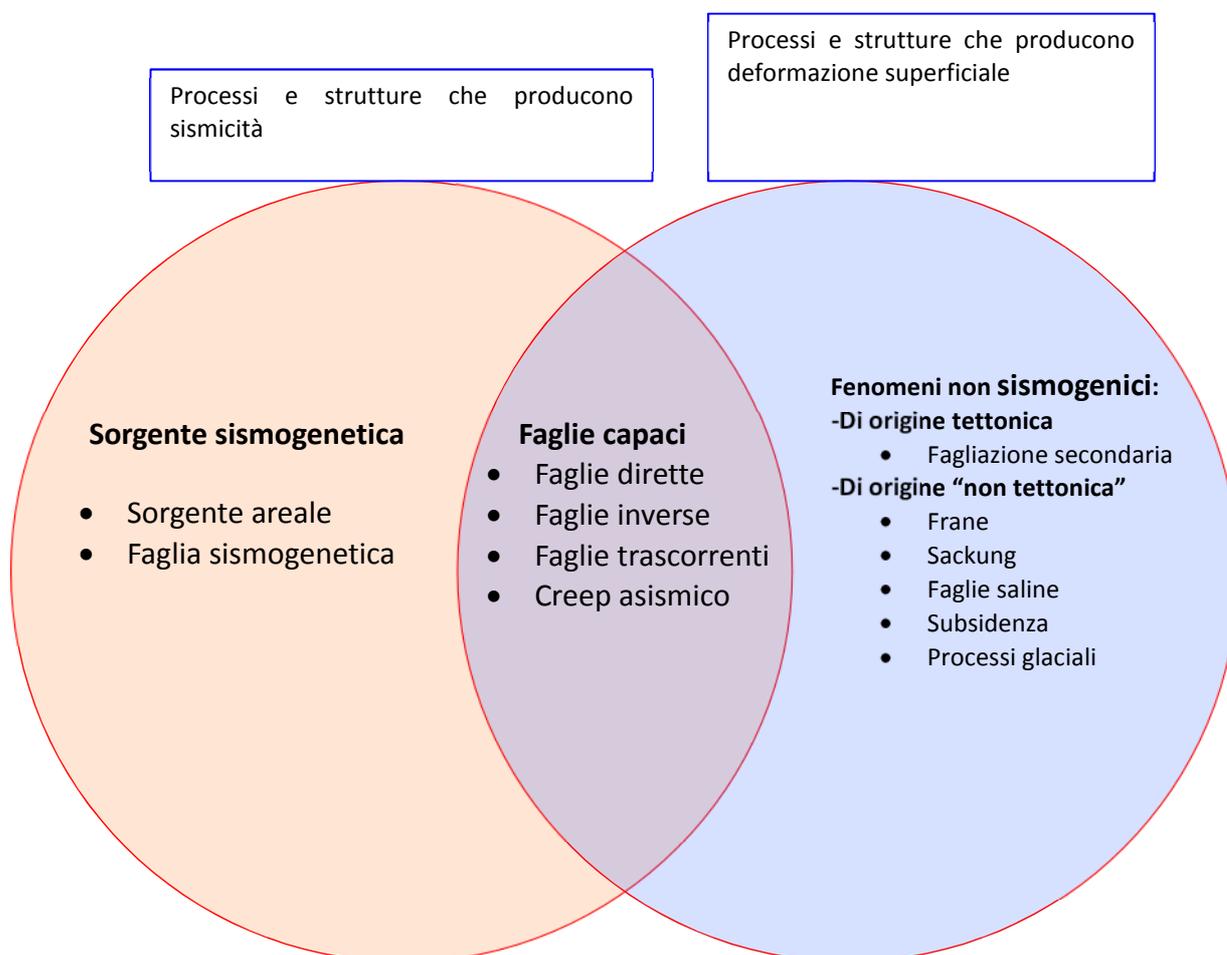


Fig. 3/1 Aspetti concettuali nello studio della fagliazione superficiale (modificata da Hanson, 1999)

Uno degli aspetti fondamentali nella definizione dell'attività/non attività di una struttura, nel quadro della fagliazione superficiale, è l'arco temporale da considerare e studiare per la definizione di un *range* in cui sia possibile risalire al reale grado di attività delle faglie nei diversi domini tettonici.

La letteratura internazionale sull'argomento identifica due aspetti principali che condizionano la scelta del *range* temporale da considerare e sono:

- l'attuale regime tettonico in atto (contesto geodinamico)
- limiti nella metodologia di indagini

Un particolare regime tettonico nelle varie regioni del globo può manifestarsi attraverso fenomeni geologici e geomorfologici, tassi di movimento e tempi di ricorrenza di attività delle faglie molto differenti.

Come esplicitato anche nella SSG9 (IAEA 2010), in regioni dove vi è una tettonica particolarmente attiva ed i dati sismici e geologici indicano tempi brevi di ricorrenza degli eventi sismici, il *range* da considerare è rappresentato da un periodo nell'ordine delle decine di migliaia di anni (ad esempio a partire dal Pleistocene superiore), mentre in aree

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



tettonicamente meno attive la finestra temporale da considerare è più ampia (ad esempio a partire dall'inizio del Pliocene).

Per definire meglio l'arco di tempo bisogna sempre tenere conto anche di alcuni aspetti pratici, ossia dei veri e propri limiti operativi.

Tra i più ricorrenti si possono ritrovare:

- assenza di forme e sedimenti che possano "registrare" l'attività/non attività di una faglia;
- scarsa disponibilità di datazioni e limiti di risoluzione dei metodi utilizzati;
- scarsa disponibilità di dati di sottosuolo (geofisica) che possano far luce sul recente passato geologico.

Per definire con maggior precisione l'intervallo temporale si può utilizzare un approccio alternativo che collega il concetto di attività a quella del regime tettonico.

In questo approccio una faglia è definita attiva se si è mossa all'interno del regime tettonico attuale e questa evidenza garantisce che la faglia probabilmente sarà attiva anche in futuro (Machette, 2000).

L'inizio della fase tettonica può essere considerato come l'età che divide il campo delle faglie attive da quello delle faglie non attive e quindi, se il regime tettonico attuale è stato o può essere ancora responsabile dell'attivazione della faglia, tutte le faglie coerenti con tale regime sono da considerare attive (Galadini et al., 2012); questo approccio presuppone naturalmente una buona conoscenza dell'attuale regime tettonico.

3.4 APPLICAZIONE DEL CRITERIO

3.4.1 Generalità e dati utilizzati

Come indicato dalla GT29, le porzioni di territorio soggette a fagliazione superficiale sono state valutate utilizzando principalmente il database DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources*) ed il catalogo ITHACA (*Italy Hazard from Capable faults*) di seguito descritti.

Il carattere unitario ed omogeneo del database DISS ha consentito di utilizzarlo direttamente già nel primo livello di analisi come descritto oltre. Le diverse caratteristiche del catalogo ITHACA in cui le singole faglie presentano molto vari attributi di attendibilità o qualità dei dati di origine, hanno fatto invece propendere per un suo utilizzo negli ultimi livelli di analisi, andando ad esaminare le singole faglie di interesse per le aree non escluse, per poter stabilire caso per caso le migliori modalità di applicazione del criterio anche con l'ausilio di controlli mirati di approfondimento.

Il DISS è un *database* che raccoglie le potenziali sorgenti sismogenetiche in grado di generare terremoti di magnitudo superiore a 5.5. A tali sorgenti possono essere spesso associate dislocazioni superficiali avvenute in epoca storica o evidenze di paleosismicità; generalmente infatti, le sorgenti sismogenetiche sono costituite da strutture tettoniche che includono faglie capaci. Anche se in alcuni casi le sorgenti sismogenetiche non sono direttamente legate a faglie note ma sono identificate soltanto sulla base dell'attività

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



sismica, tutti gli elementi del database sono cautelativamente considerate rilevanti per l'applicazione del criterio CE3.

Il DISS utilizzato nel 2014 durante l'analisi territoriale per la prima preparazione della CNAPI era la versione 3.1.1 (DISS *Working Group* 2010). I successivi aggiornamenti sono stati acquisiti e valutati come descritto nel par.3.4.6

Il *database* è ripartito nelle seguenti tipologie di elementi (Basili et al. 2008):

- *Composite Seismogenic Sources* (CSS), sorgenti sismogenetiche la cui inferenza è basata su dati geologici regionali di superficie e di sottosuolo; tali sorgenti risultano dall'allineamento di un numero ignoto di sorgenti individuali, non direttamente riconoscibili su base sismologica. Le CSS catalogate sono costituite da elementi lineari (*shapefile CSSTop_polyline.shp*: proiezione in superficie del bordo superiore della faglia) e da elementi poligonali (*shapefile CSSources_region.shp*: proiezione della faglia in superficie).
- *Individual Seismogenic Sources* (ISS), sorgenti sismogenetiche per le quali si ipotizza una ricorrenza periodica rispetto a determinati parametri (dimensioni rottura, scivolamento e magnitudo). Le ISS sono riportate negli *shapefile ISSources_polyline.shp* e *ISSources_region.shp* (proiezione della faglia in superficie)
- *Debated Seismogenic Sources* (DSS), sono faglie attive indicate in letteratura come potenziali sorgenti sismogenetiche, ma con informazioni non abbastanza robuste per poterle includere nelle prime due categorie. Le DSS sono riportate come elementi poligonali.

È importante specificare che i compilatori del catalogo sottolineano come le CSS hanno l'obiettivo di includere tutte le strutture di tale tipo presenti sul territorio, tali quindi da essere utilizzate in studi di pericolosità; al contrario le ISS sono utili per la modellazione degli scenari sismici, ma non garantendo la completezza non sono pensate per la valutazione dell'*hazard* complessivo di un'area. La mappa delle CSS della versione 3.1.1 è riportata in fig. 3/2.

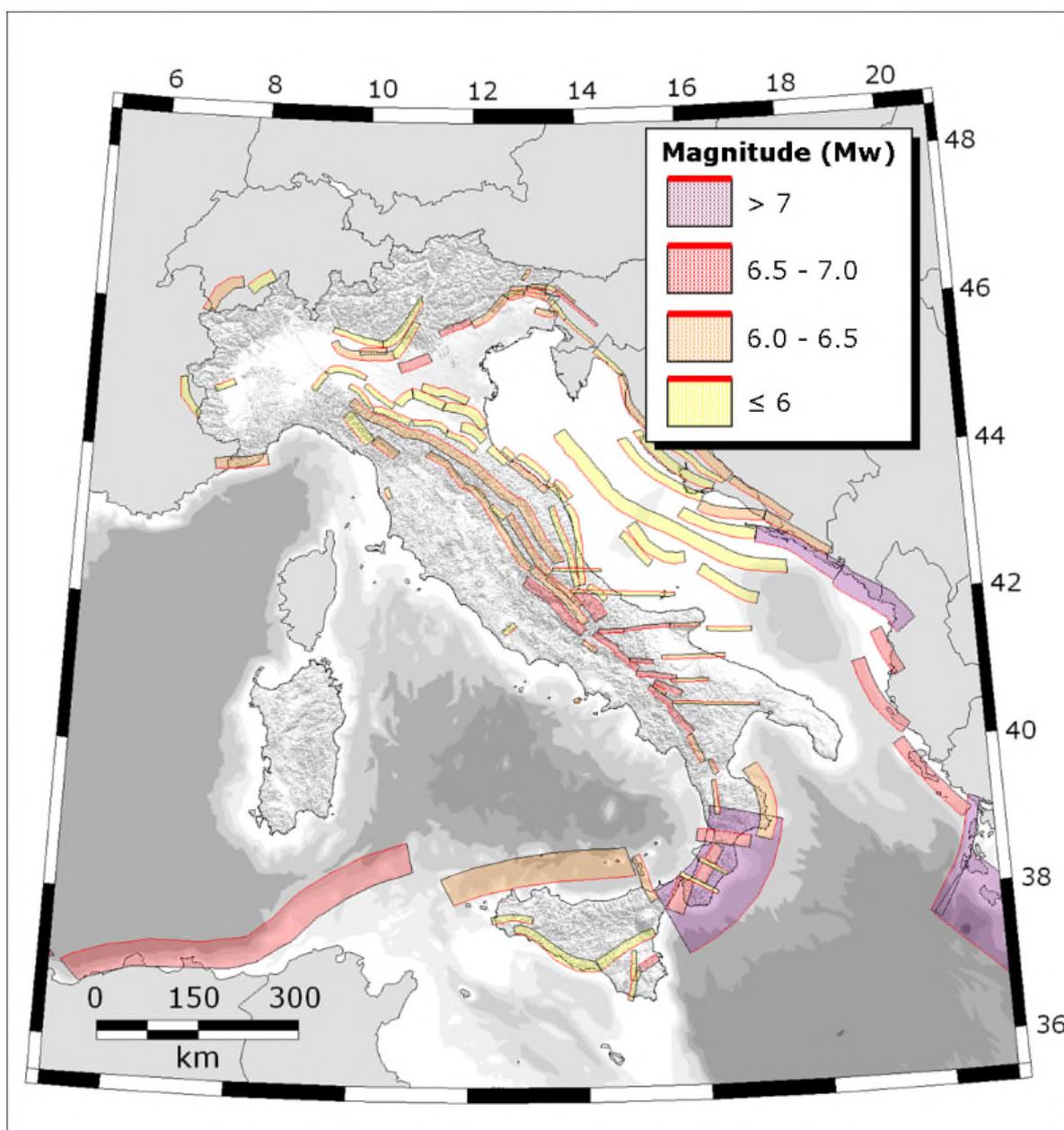


Fig. 3/2 Le CSS (*Composite Seismogenic Sources*) del catalogo DISS v. 3.1.1 suddivise per massima magnitudo (da URL: <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/74-thematic-maps-from-diss-3-2010>)

Il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), prevede un *database* per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali, in particolare Il progetto si occupa delle faglie capaci.

Attualmente il catalogo, gestito ed aggiornato da ISPRA, contiene dati riguardanti circa 1600 faglie; nelle informazioni associate, assieme ai parametri geometrici, cinematici e

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



temporali, è inclusa anche una valutazione dell'affidabilità dei dati stessi, derivati in gran parte dalla letteratura scientifica più recente e da studi specifici. Nel catalogo sono riportate, oltre alle faglie capaci accertate, anche strutture tettoniche pleistoceniche, talvolta sepolte (come nel caso della Pianura Padano-Veneta), comunque sospettate di poter indurre deformazione in superficie.

3.4.2 Applicazione nel 1° livello di analisi

Per la prima applicazione di questa esclusione sono stati quindi utilizzati i dati provenienti dal citato *database* DISS versione 3.1.1, prodotto dall'INGV (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>). Per le sorgenti sismiche presenti nel *database* sono state definite ed applicate le seguenti aree d'esclusione:

- aree corrispondenti agli elementi poligonali delle ISS, CSS e DSS senza ulteriori rielaborazioni;
- area generata applicando un *buffer* di 2500 m dagli elementi lineari delle CSS.

Per la definizione di tale area di esclusione si è fatto riferimento alle seguenti considerazioni:

- Si è osservato che nell'ambito della procedura di sviluppo della versione 3 del DISS gli autori hanno rappresentato le strutture sismogenetiche dibattute (DSS) mediante poligoni costruiti applicando un *buffer* di circa 2 km per lato alla traccia della faglia (molte DSS appaiono costruite su faglie incluse nel catalogo ITHACA). È probabile che tale scelta abbia tenuto conto delle incertezze riguardo alla precisa ubicazione delle strutture sepolte.
- La guida IAEA SSG9 (*Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*), nel processo di valutazione di un sito, definisce il concetto di "*site vicinity*", area con raggio non inferiore a 5 km all'interno della quale occorre individuare condizioni di potenziale instabilità geologica ed in particolare di "*fault capability*" (par. 3.16). La stessa guida nel paragrafo 8.8 riporta che dove esistono evidenze affidabili di faglie capaci con potenzialità di creare problemi di sicurezza al futuro impianto, allora la fattibilità del progetto deve essere rivalutata e, se necessario, deve essere valutato un sito alternativo.

Combinando le due considerazioni e considerando che ci si trova ancora nella prima fase di localizzazione, si è ritenuta adeguata la citata distanza di 2500 m per una prima esclusione, consentendo di tenere in conto in modo adeguato sia il fenomeno della fagliazione superficiale primaria che quello della fagliazione superficiale secondaria nonché il grado di incertezza riguardo alla precisa ubicazione delle strutture sepolte e riguardo le diverse scale cartografiche dei dati di origine.

3.4.3 Applicazione nel 5° livello di analisi

Per l'applicazione di questa esclusione è stato utilizzato il sopra citato catalogo ITHACA disponibile al *link* del Portale del Servizio Geologico d'Italia.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Come sopra accennato si è scelto di utilizzare tale catalogo al livello 5 per poter esaminare le singole faglie di interesse per le aree non escluse in relazione ai gradi di qualità/affidabilità attribuiti a ciascuna struttura dallo stesso catalogo.

Avendo accertato che le poche faglie di interesse riportavano tutte attributi da media ad alta affidabilità, si è ritenuto di applicare a tali faglie un *buffer* di esclusione di 2500 m sulla base delle stesse considerazioni riportate nel paragrafo precedente, operando una conseguente ripermimetrazione manuale delle aree non escluse.

3.4.4 Applicazione nel 6° livello di analisi

Nel sesto livello di analisi è stata svolta una serie di approfondimenti sulle pochissime strutture ITHACA ancora poste entro alcuni km dalle aree non escluse mediante ulteriori acquisizioni di dati bibliografici, verifiche di foto aeree e sopralluoghi in campo. Per le uniche due strutture significative rimaste di interesse (la faglia Broni-Stradella ed il sistema Foggia-Cerignola) gli approfondimenti eseguiti hanno fatto ritenere la loro potenzialità particolarmente attendibile e si quindi è deciso di adottare un criterio maggiormente cautelativo estendendo a 5 km il *buffer* di esclusione per queste strutture ed effettuando quindi alcune ulteriori esclusioni e ripermimetrazioni di aree non escluse dai precedenti livelli.

3.4.5 Applicazione nel 7° livello di analisi

Nel settimo livello d'analisi, relativo al recepimento dei rilievi ISPRA alla CNAPI trasmessa allo stesso istituto il 2/1/2015, si è proceduto ad una sistematica rivisitazione dell'assetto sismotettonico delle aree potenzialmente idonee alla luce della relazione recentemente acquisita dal Prof. P. Scandone -Scandone P. & Patacca E. (2015). In particolare è stato possibile chiarire, sulla base dei dati geofisici di prospezione sismica, che la potenzialità sismogenetica della faglia Castelvetro-Campobello di Mazara deve richiedere l'applicazione della distanza d'esclusione di 5 km.

3.4.6 Verifiche successive al 2015

Le verifiche effettuate successivamente alla consegna della CNAPI del 2015 hanno evidenziato la pubblicazione di due aggiornamenti del database DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources*).

In primo luogo il 21/07/2015 sono stati resi disponibili i dati della versione 3.2.0 che, oltre a contenere alcune modifiche delle sorgenti che non hanno avuto impatto sulle aree CNAPI, ha introdotto una nuova tipologia di sorgente rispetto alle precedenti versioni del DISS. Si tratta di una struttura litosferica regionale, denominata *Subduction Zone* ITSD001 "Calabrian Arc". Considerando quanto contenuto nella relazione descrittiva che ha accompagnato la pubblicazione di tale versione nel contesto dell'utilizzo del database DISS nella stima dei possibili fenomeni di fagliazione superficiale, non si sono ravvisate

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



possibilità di eventi di fagliazione superficiale a terra connessi con la SDZ dell'arco calabro. In quanto:

- nel settore settentrionale dell'area non è più attivo il processo di subduzione, essendosi verificata la saldatura del *wedge* orogenico dell'Appennino meridionale con i carbonati dell'avampaese costituenti il substrato autoctono dell'avanfossa.
- nel settore meridionale, tuttora attivo, l'emergenza in superficie della SDZ può essere ubicata, soprattutto grazie ai profili sismici a riflessione eseguiti nella piana abissale ionica (fig. CROP), al bordo esterno del cuneo accrezionario situato nel basso Ionio; all'interno del medesimo cuneo sono presenti alcune faglie inverse considerate sismogenetiche e inserite nel DISS 3.2.0 (vedi zone composite da ITCS095 a ITCS099 in figura 3/3). Comunque queste strutture hanno la potenziale zona di emergenza in mare.

Pertanto si è ritenuto che tale struttura non comporti esclusioni relativamente al criterio CE3.

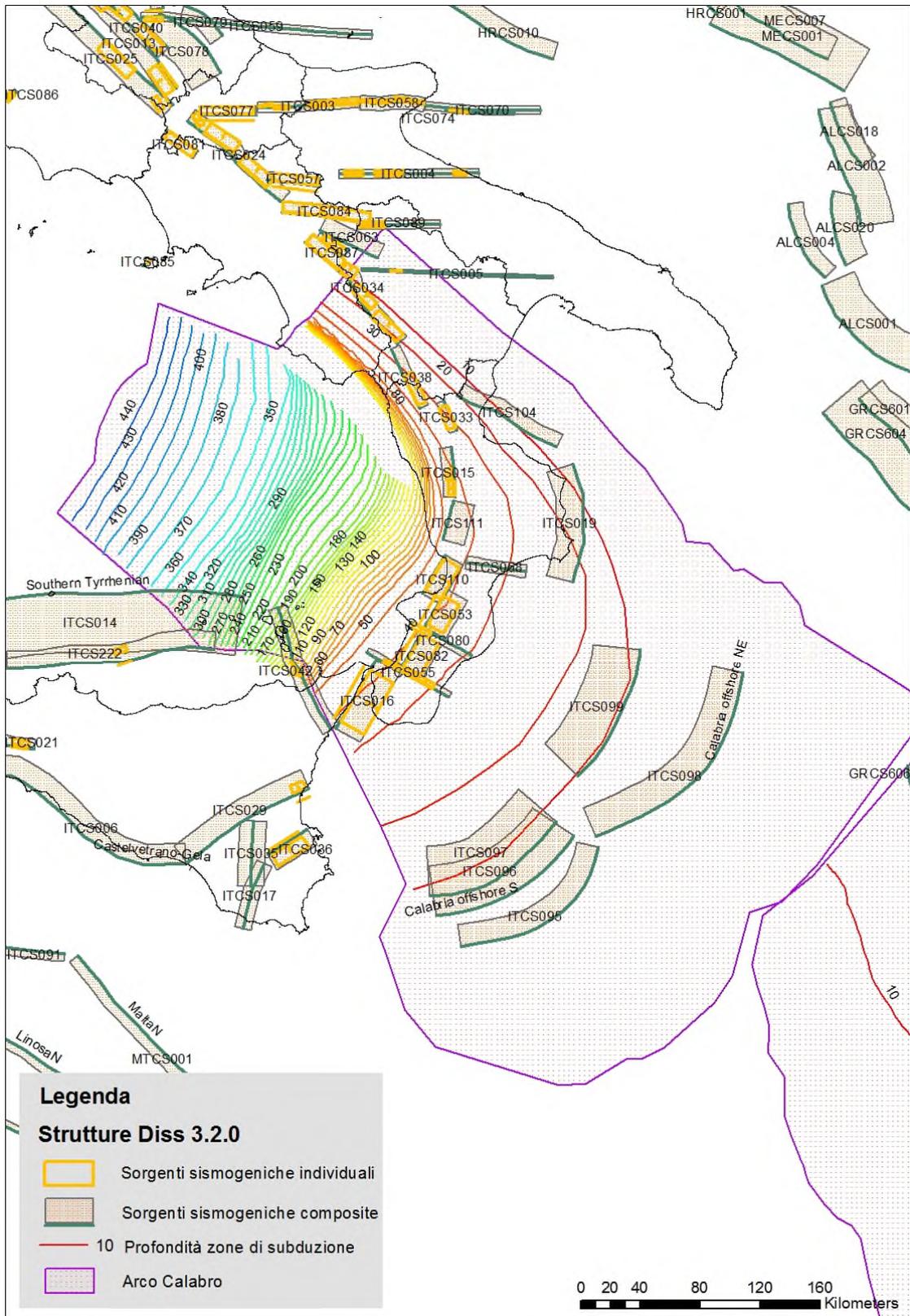


Fig. 3/3 Strutture del catalogo DISS v. 3.2.0 in Italia meridionale con evidenziata la zona di subduzione Arco Calabro (*shapefile* da sito <http://diss.rm.ingv.it/diss/>)

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Successivamente, il 24/04/2018 è stata pubblicata da INGV, la versione 3.2.1 (aggiornata a luglio 2016), del *database* DISS (DISS Working Group, 2018) (fig. 3/4).

Le modifiche introdotte da questa versione hanno da un lato portato a nuove esclusioni e dall'altro ad alcune teoriche reintegrazioni di territori precedentemente esclusi in base alla precedente versione. Tuttavia, nello spirito della GT29 dell'ISPRA e alla luce della dichiarazione INGV che accompagna la pubblicazione del catalogo DISS³, si è ritenuto che l'esclusione da applicare rispetto alla pericolosità da fagliazione debba essere effettuata in modo cautelativo e quindi debba essere operata sommando le coperture delle versioni del DISS successive a quella utilizzata nella prima realizzazione della CNAPI (versioni 3.1.1, 3.2.0 e 3.2.1).

Per effettuare le verifiche su eventuali interazioni tra le aree potenzialmente idonee e la somma dei cataloghi DISS si è applicata la procedura indicata per il 1° livello di analisi (punto 3.4.2).

Per quanto attiene il catalogo ITHACA, dato che viene dichiarato da ISPRA come in continuo aggiornamento, si è proceduto ad un monitoraggio specifico effettuando periodiche verifiche riguardo le zone interessate dalle aree CNAPI. In alcuni casi è stato rilevato l'inserimento nel catalogo di nuove strutture interferenti con la CNAPI e sono state apportate modifiche, portando a nuove esclusioni.

³ Da <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/21-downloads/12-downloads> (Disclaimer notice) si legge: "... The Database was designed as "work in progress", and as such it is open to later additions and improvements. For these reasons and due to its intrinsic nature, the Database cannot be guaranteed to be complete, accurate and updated in any part, and will be subjected to successive revisions. Although the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia makes every effort to supply the best available information on seismogenic processes, no warranty, expressed or implied, is provided as to the accuracy and reliability of all the data supplied in the Database. Users are cautioned to consider carefully the provisional nature of the data and information before using it for decisions that concern personal or public safety or in relation with business involving substantial financial or operational consequences. Conclusions drawn from this Database, or actions undertaken on the basis of its contents, are the sole responsibility of the user."

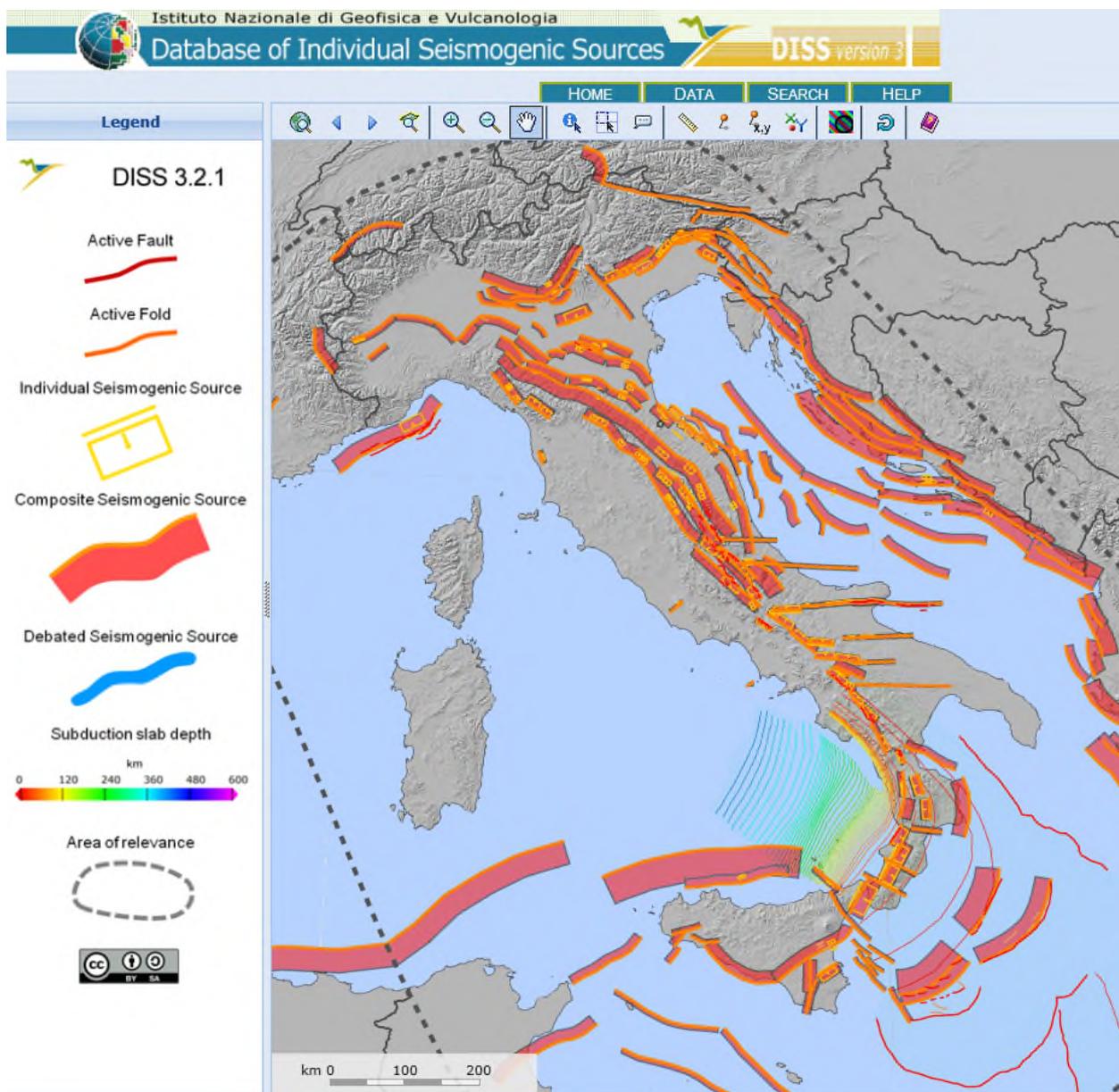


Fig. 3/4 Strutture del catalogo DISS v. 3.2.1 (da *webgis* su <http://diss.rm.ingv.it/diss/>)

3.5 CONCLUSIONI

L'utilizzo dei due cataloghi sopra descritti ha permesso di applicare il criterio CE3 utilizzando lo stato dell'arte nella conoscenza delle potenziali faglie capaci presenti sul territorio nazionale; tale conoscenza è sicuramente incompleta, come esplicitamente riconosciuto dai compilatori di tali cataloghi e come testimoniato dal frequente aggiornamento dei cataloghi stessi alla luce dei nuovi dati

Nella guida SSG-9 (IAEA 2010) il problema viene esplicitamente affrontato al cap. 3, raccomandando l'esecuzione di indagini (rilievi di dettaglio in superficie, geofisica, sondaggi e scavo di trincee) in un raggio di 5 km ("*site vicinity investigations*") allo scopo

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



di escludere la presenza di faglie o, se presenti, la loro potenziale attivazione. Nella fase di *screening* a scala nazionale, l'utilizzo dei dati disponibili, effettuato includendo conservativamente anche le strutture esplicitamente dichiarate incerte, ed utilizzando un *buffer* per tenere in conto l'incertezza nell'ubicazione dettagliata delle strutture, permette una notevole riduzione del rischio fagliazione nelle aree non escluse ma chiaramente non elimina la necessità di specifici studi di dettaglio nelle successive fasi di caratterizzazione.

3.6 BIBLIOGRAFIA

Guide IAEA:

IAEA (2014), *Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste*, SSG-29.

IAEA (2010), *Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, SSG-9.

Bibliografia citata:

Azzaro R., Ferrelì L., Michetti A.M., Serva L., Vittori E. (1998): *Environmental hazard of capable faults: the case of the Pernicana fault (Mt. Etna, Sicily)*. *Natural Hazards*, 17 (2), 147-162.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E. (2008). *The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology*. *Tectonophysics*, 453(1), 20-43; doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014

DePolo C. M., Clark D. G., Slemmons D. B., & Ramelli A. R. (1991). *Historical surface faulting in the Basin and Range province, western North America: implications for fault segmentation*. *Journal of Structural Geology*, 13(2), 123-136.

DISS Working Group (2010). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010

DISS Working Group (2015). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.

DISS Working Group (2018). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1

Galadini F., Falcucci E., Galli P., Giaccio B., Gori S., Messina P., Moro M., Saroli M., Scardia G., Sposato, A. (2012). *Time intervals to assess active and capable faults for engineering practices in Italy*. *Engineering geology*, 139, 50-65.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Hanson, K.L., Kelson, K.I., Angell, M.A., and Lettis, W.R, *Techniques for identifying faults and determining their origins (1999). Contract Rep NUREG/CR-5503, 504p. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.*

ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAZard from CApable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019.

ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal:

<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>

Locati M., Camassi R. e Stucchi M. (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>

Machette, M. N. (2000). *Active, capable, and potentially active faults—a paleoseismic perspective. Journal of Geodynamics, 29(3), 387-392.*

McCalpin J., 2014, *Surface faulting without earthquakes; sackung and salt tectonics. 5th International INQUA Meeting on Paleosismology, Active Tectonics and Archeoseismology (PATA), 21 -27 September 2014, Busan, Korea.*

Porfido, S., Esposito, E., Vittori, E., Tranfaglia, G., Guarrieri, L., & Pece, R. (2007). *Seismically induced ground effects of the 1805, 1930 and 1980 earthquakes in the Southern Apennines (Italy). Boll. Soc. Geol. It.(Ital. J. Geosci.).*

Scandone P. & Patacca E. (2015) - *Indagini sismotettoniche finalizzate all'applicazione dei criteri CE1, CE2 e CE3 della Guida Tecnica 29 ISPRA per la redazione della carta nazionale delle aree potenzialmente idonee (CNAPI) ai fini della localizzazione del deposito nazionale dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività e del connesso parco tecnologico (DNPT). doc. Sogin DN GS 00224.*

Vannoli P., Barba S., Basili R., Burrato P., Fracassi U., Kastelic V., Tiberti M. M. e Valensise G. (2010): *The new release of the Database of Individual Seismogenic Sources, DISS 3.1.1.. 85° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana, sessione Poster.*

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



4 CE4 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DA RISCHIO E/O PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E/O IDRAULICA DI QUALSIASI GRADO E LE FASCE FLUVIALI

4.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE4 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree caratterizzate da rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado e le fasce fluviali, specificando che:

“Per valutare il rischio di frane e di inondazioni sono da prendere in considerazione le aree a rischio e/o pericolosità geomorfologica e/o idraulica di qualsiasi grado (da moderato a molto elevato) e le fasce fluviali A, B e C indicate nei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), nonché le aree catalogate nell’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).”

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“It should be verified that surface processes such as flooding of the disposal site, landslides or erosion do not occur with such frequency or intensity that they could affect the ability of the disposal system to meet safety requirements. ... Preference should be given to areas or sites with topographical and hydrological features that preclude the potential for flooding.”*

In pratica tale criterio, in questa prima fase del processo di localizzazione, richiede l'esclusione di tutte le aree già classificate pericolose e a rischio dalle varie autorità competenti sulla base di studi da esse stesse eseguiti.

Per la scelta delle migliori modalità di applicazione del criterio si è tenuto conto della disponibilità/omogeneità dei dati a livello nazionale. Per tale motivo, poiché i dati del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) sono disponibili per l'intero territorio nazionale, l'esclusione relativa a tali dati è stata eseguita nel 1° livello di analisi. Mentre, dato che i dati relativi alla pericolosità geomorfologica e idraulica risultano piuttosto disomogenei come descritto più avanti, si è ritenuto di effettuare le relative esclusioni al 2° livello di analisi sulle aree risultanti dal 1° livello.

Con riferimento al criterio CE4 è stata quindi effettuata una raccolta sistematica di dati per la valutazione e la classificazione del territorio nazionale sulla base di rischio e pericolosità sia geologica che idraulica. In particolare, per quanto riguarda rischio e pericolosità idraulica sono stati considerati i dati raccolti nei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) elaborati da alcune delle Autorità di Bacino presenti sul territorio nazionale, la cartografia relativa ai Piani Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e la cartografia approvata in seguito alla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE. Per quanto riguarda rischio e pericolosità geomorfologica sono stati raccolti i dati contenuti sempre nei Piani di Assetto Idrogeologico e i dati relativi all’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).

4.2 APPLICAZIONE

4.2.1 Applicazione nel 1° livello di analisi (IFFI)

Come accennato, i dati del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), sono disponibili per l'intero territorio nazionale. Si tratta di un inventario in cui sono censiti i fenomeni franosi relativi all'intero territorio nazionale. Il *database* IFFI, realizzato

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome è consultabile sul sito *web* dell'ISPRA (<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/iffi-inventario-dei-fenomeni-franosi-in-italia>).

Nel *database*, ogni fenomeno franoso censito è rappresentato da un punto georeferenziato denominato PIFF (Punto Identificativo del Fenomeno Franoso) posto, per convenzione, in corrispondenza della quota più elevata del coronamento della frana; inoltre, la frana è rappresentata da:

- un poligono, quando è cartografabile alla scala di rilevamento adottata;
- una linea, quando i fenomeni franosi sono di forma molto allungata e presentano una larghezza non cartografabile alla scala di rilevamento;
- una linea e un poligono, quando i fenomeni simili ai precedenti hanno una zona di espansione cartografabile al termine del canale di trasporto.

La struttura del *database* IFFI è riportata più avanti in Tab. 4.3/4.

I relativi *shapefile*, opportunamente accorpati e verificati come riportato nel documento sulla procedura (DN GS 00056), sono stati utilizzati per effettuare l'esclusione nel primo livello di analisi; il territorio escluso è riportato sinteticamente nella Fig. 4.2/1 e corrisponde circa al 7 % del territorio nazionale.

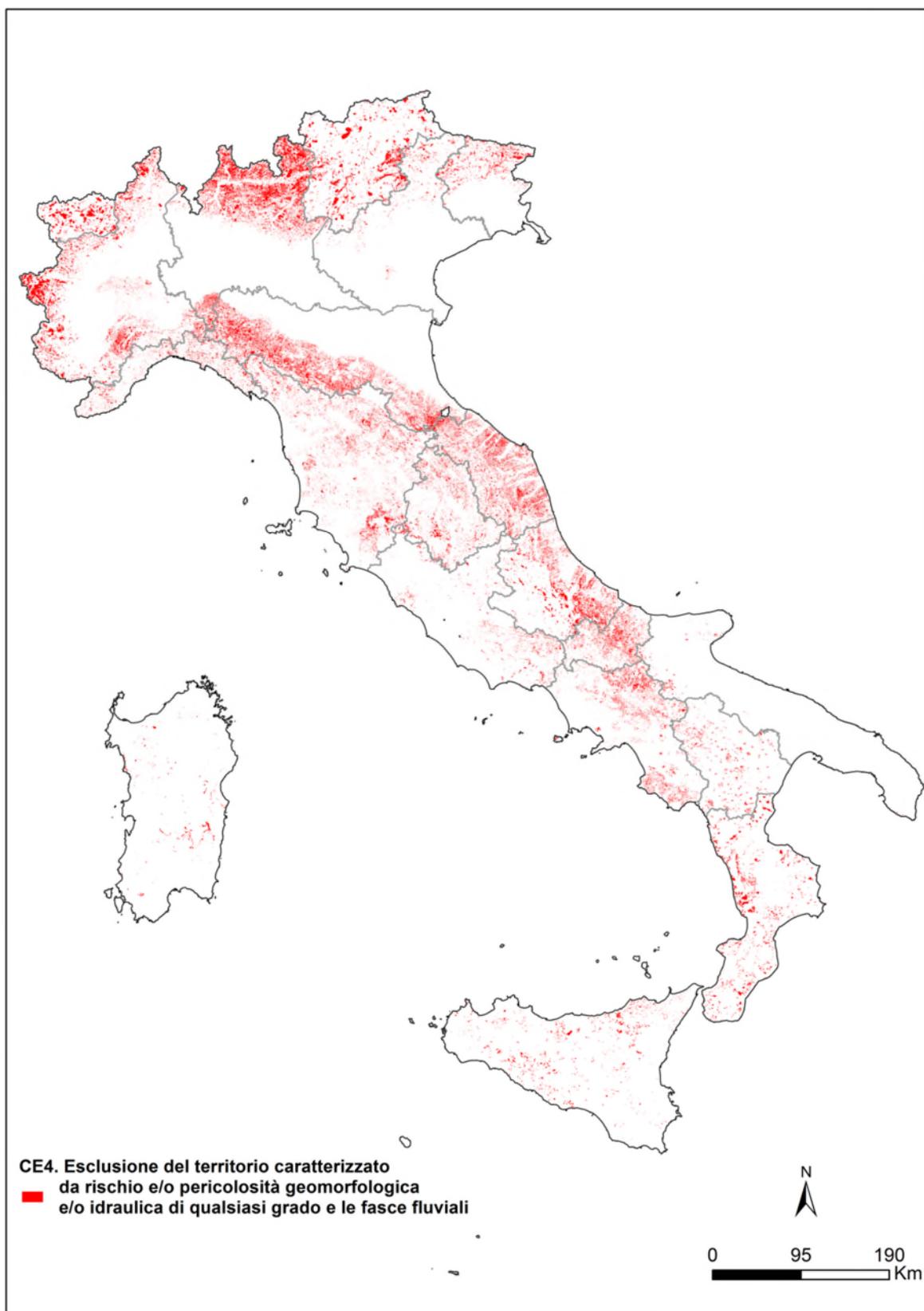


Figura 4.2/1 – Esclusione di 1° livello relativa al solo *database* IFFI

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



4.2.2 Applicazione nel 2° livello di analisi (Piani di Assetto Idrogeologico)

4.2.2.1 Generalità

Per l'applicazione del criterio sono stati raccolti i dati cartografici disponibili presso le Autorità di Bacino di interesse. L'obiettivo principale di questo lavoro è stata la creazione di una serie di *shapefile* (cfr. par. 4.2.2.4) contenenti i dati di pericolosità e rischio più aggiornati ottenuti dalle Autorità di Bacino mostrate in Fig. 4.2/2, da utilizzare per la realizzazione della Carta nazionale delle aree potenzialmente idonee (D.Lgs. 31/2010 e ss.mm.ii.).

È importante segnalare che nella ricerca, e soprattutto nella richiesta dei dati, la maggior attenzione è stata rivolta alla pericolosità poiché tale classificazione considera tutte le aree che potrebbero essere interessate da eventi idraulici o geomorfologici e non solamente quelle in cui tali fenomeni naturali possono potenzialmente interessare strutture di origine antropica. Tale obiettivo ha comportato, per la realizzazione della CNAPI, un lungo e sistematico lavoro di ricerca, acquisizione ed elaborazione di un'ampia serie di tipologie di dati (cfr. par. 4.2.2.3), al fine di individuare, classificare ed in seguito escludere le parti del territorio italiano dove non sono verificate le caratteristiche d'idoneità secondo il criterio di esclusione CE4.

Come sopra accennato, le esclusioni basate sulle perimetrazioni dei PAI sono state effettuate al 2° livello di analisi sulle aree risultanti dal 1° livello per limitare la necessità di omogeneizzazione ed elaborazione ai dati delle sole Autorità di Bacino in cui ricadono le aree non escluse.

4.2.2.2 Selezione delle Autorità di Bacino

Le Autorità di Bacino sono state selezionate sulla base della sovrapposizione dello *shapefile* rappresentante le aree non escluse ottenute dopo l'applicazione del 1° livello di analisi e lo *shapefile* delle Autorità di Bacino Italiane. Le Autorità di Bacino così selezionate sono riportate nella seguente Fig 4.2/2.

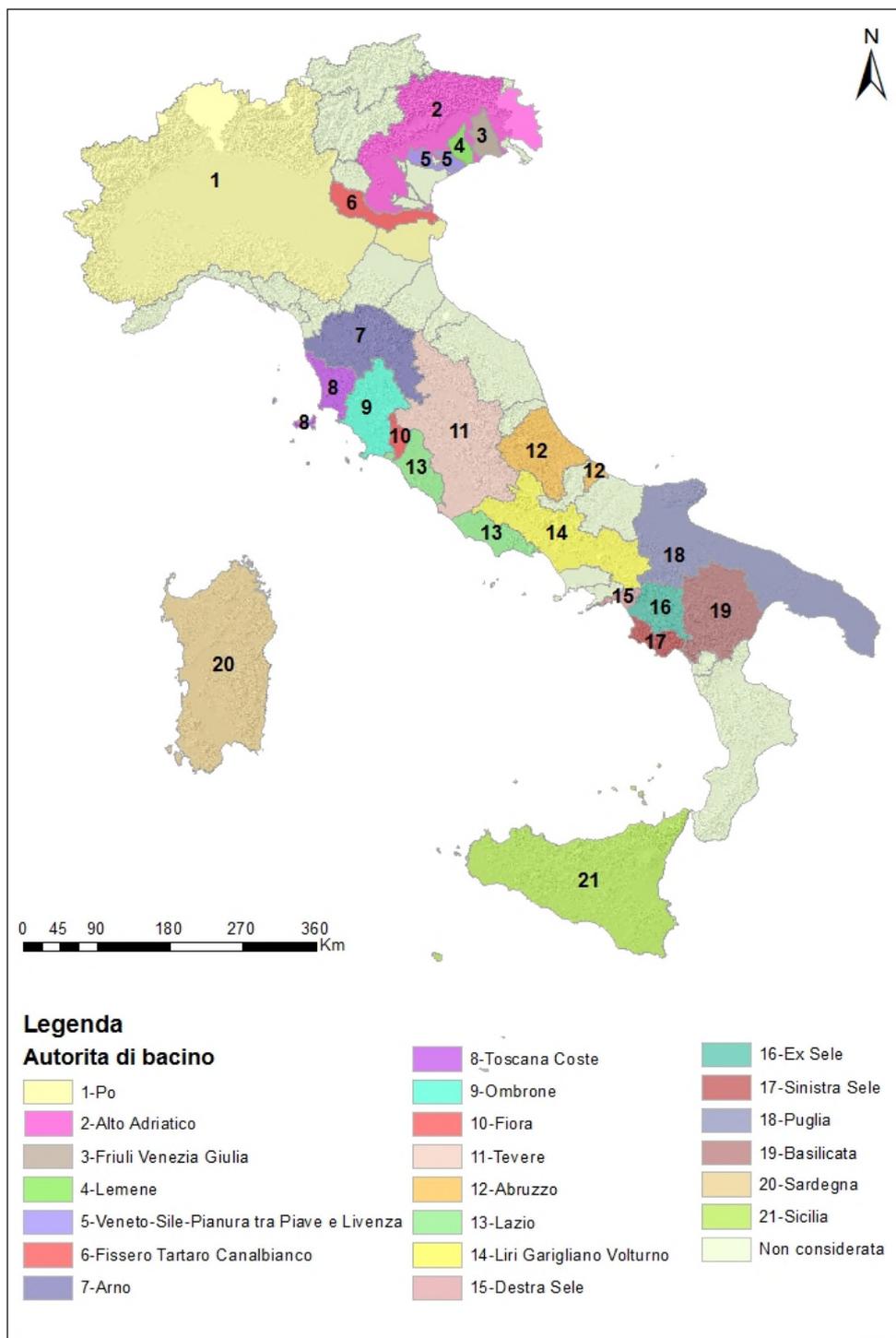


Figura 4.2/ 2 – Autorità di Bacino Italiane prese in considerazione nell'analisi

4.2.2.3 Analisi e rielaborazione dei dati

Dall'analisi dei dati raccolti e soprattutto dallo studio delle relazioni tecniche è emersa una grande variabilità nelle modalità di classificazione, in particolare per quanto riguarda

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



la pericolosità, sia idraulica che geomorfologica. Nello specifico, in alcuni casi sono state ritrovate classi di pericolosità nulla o di difficile interpretazione. A titolo di esempio si può riportare la classificazione delle pericolosità relative all'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, in cui sono riscontrabili cinque livelli di pericolosità geomorfologica, che in ordine decrescente vanno da Hg4 a Hg0 comprendendo anche nella perimetrazione aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente (Hg0): in questo caso è stato deciso di non escludere le aree classificate Hg0.

Al fine di riordinare e uniformare le diverse attribuzioni di classi di pericolosità è stata ritenuta necessaria la definizione di una classificazione univoca costituita da quattro classi, riprendendo quanto era stato fatto in occasione della realizzazione dello *shapefile* presente sul Geoportale Nazionale di cui sopra.

Di seguito vengono elencate, con grado pericolosità crescente, le quattro classi definite:

- MODERATA
- MEDIA
- ELEVATA
- MOLTO ELEVATA

Per quanto riguarda il pericolo idraulico, l'attribuzione delle classi sopra elencate è stata effettuata soprattutto sulla base dei valori dei tempi di ritorno degli eventi considerati, e in secondo luogo sui valori di battente idrico caratterizzanti le classi di pericolosità originali. Invece, nell'attribuzione delle classi di pericolo geomorfologico sono stati considerati principalmente i valori di frequenza di accadimento dell'evento e della sua magnitudo.

Per quanto riguarda il rischio invece, ad eccezione di alcuni rari casi, non è stato necessario procedere con l'omogeneizzazione dei dati poiché la classificazione del rischio effettuata dalle diverse Autorità di Bacino si è quasi sempre basata sulle indicazioni riportate nel DPCM del 29 settembre 1998.

4.2.2.4 Esclusioni di 2° livello

Per quanto riguarda l'analisi di 2° livello, l'ultima fase del processo ha previsto la realizzazione di quattro *shapefile*, uno per ogni tipologia di dato raccolto: pericolo geomorfologico, pericolo idraulico, rischio geomorfologico e rischio idraulico.

Innanzitutto, ad ogni *shapefile* ottenuto dalle Autorità di Bacino è stato attribuito il sistema di riferimento originale, o sulla base delle informazioni contenute nei metadati se presenti o ricavandolo direttamente con l'utilizzo di ArcGis.

Successivamente ogni *shapefile* è stato riproiettato nel sistema di riferimento scelto per la rappresentazione della Carta nazionale delle aree potenzialmente idonee.

Agli *shapefile* così ottenuti è stata collegata, tramite il processo di "Join" presente in ArcGis, una tabella degli attributi con struttura uniforme contenente i dati originali. Tale tabella degli attributi risulta costituita dai seguenti campi:

- "FID": numero univoco progressivo attribuito automaticamente da ArcGis
- "Shape": tipologia delle geometrie rappresentate nello *shapefile* (attribuito automaticamente)
- "AdB": Autorità di Bacino di riferimento

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- “Bacino”: nome del bacino/sottobacino/corso d’acqua relativo
- “Classe_Per”/”Classe_Ris”: classe di pericolosità/rischio univoca
- “Peric_Orig”/”Risch_Orig”: classe di pericolosità/rischio originale
- “Tipol_Pian”: tipologia del piano di riferimento (PAI, PSAI, PSDA..)
- “Delibera”: delibera di approvazione del piano di riferimento
- “Agg_Dati”: ultimo aggiornamento dei dati originali
- “Data_downl”: data in cui è stato effettuato il *download* dei dati
- “SR_origine”: sistema di riferimento dei dati originali
- “Note”: campo libero per l’inserimento di informazioni supplementari

In seguito, utilizzando il processo “Merge” presente in ArcGis, sono stati realizzati i quattro *shapefile* finali, così nominati:

- 01_PAI_PericoloGeomorfologico.shp (Fig. 4.2/3)
- 01_PAI_Pericolo_Idraulico.shp (Fig. 4.2/4)
- 01_PAI_Rischio_Geomorfologico.shp (Fig. 4.2/5)
- 01_PAI_Rischio_Idraulico.shp (Fig. 4.2/6)

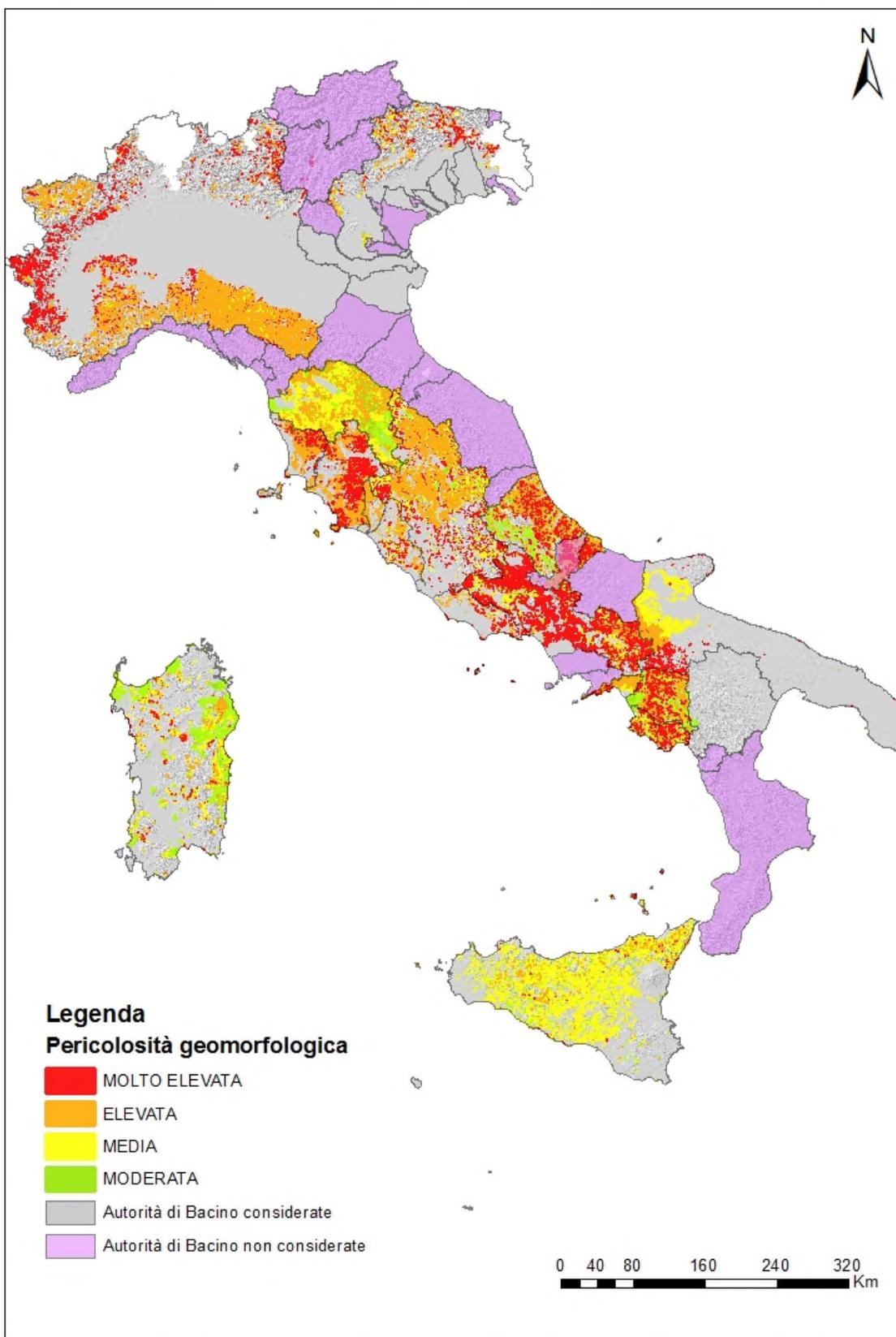


Figura 4.2/3 - *Shapefile* finale pericolo geomorfologico (al 2015)

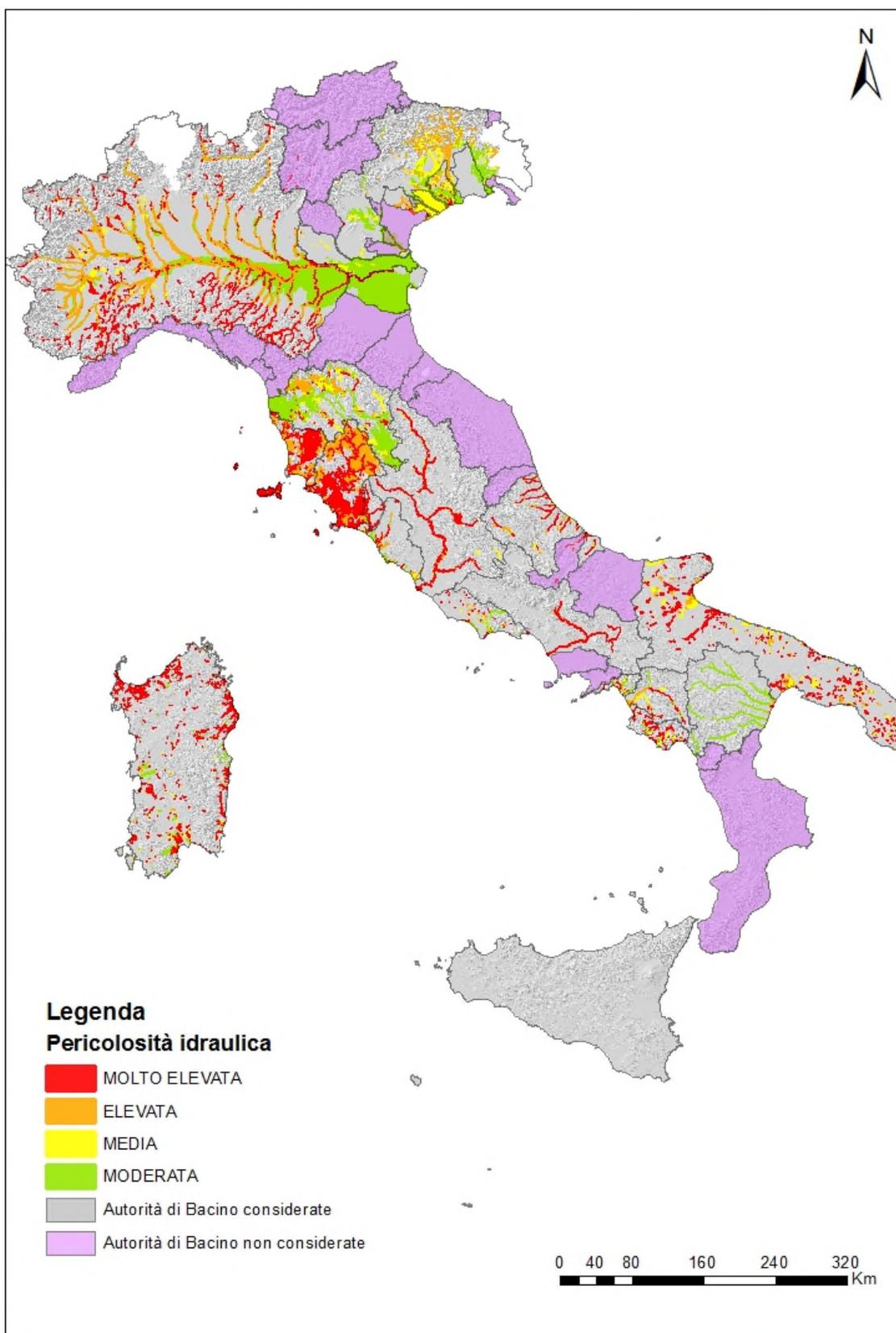


Figura 4.2/4 - *Shapefile* finale pericolo idraulico (al 2015)

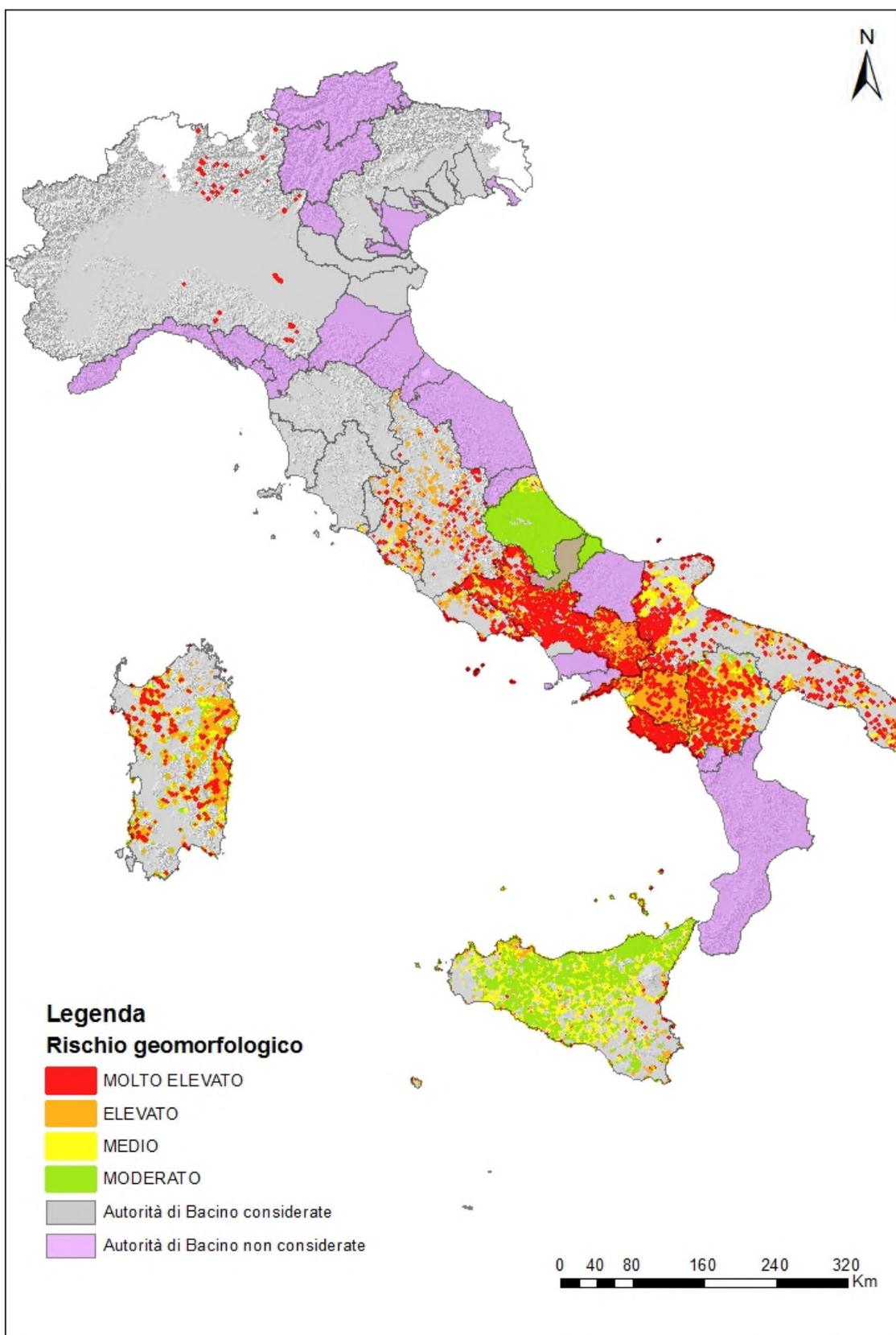


Figura 4.2/5 - *Shapefile* finale rischio geomorfologico (al 2015)

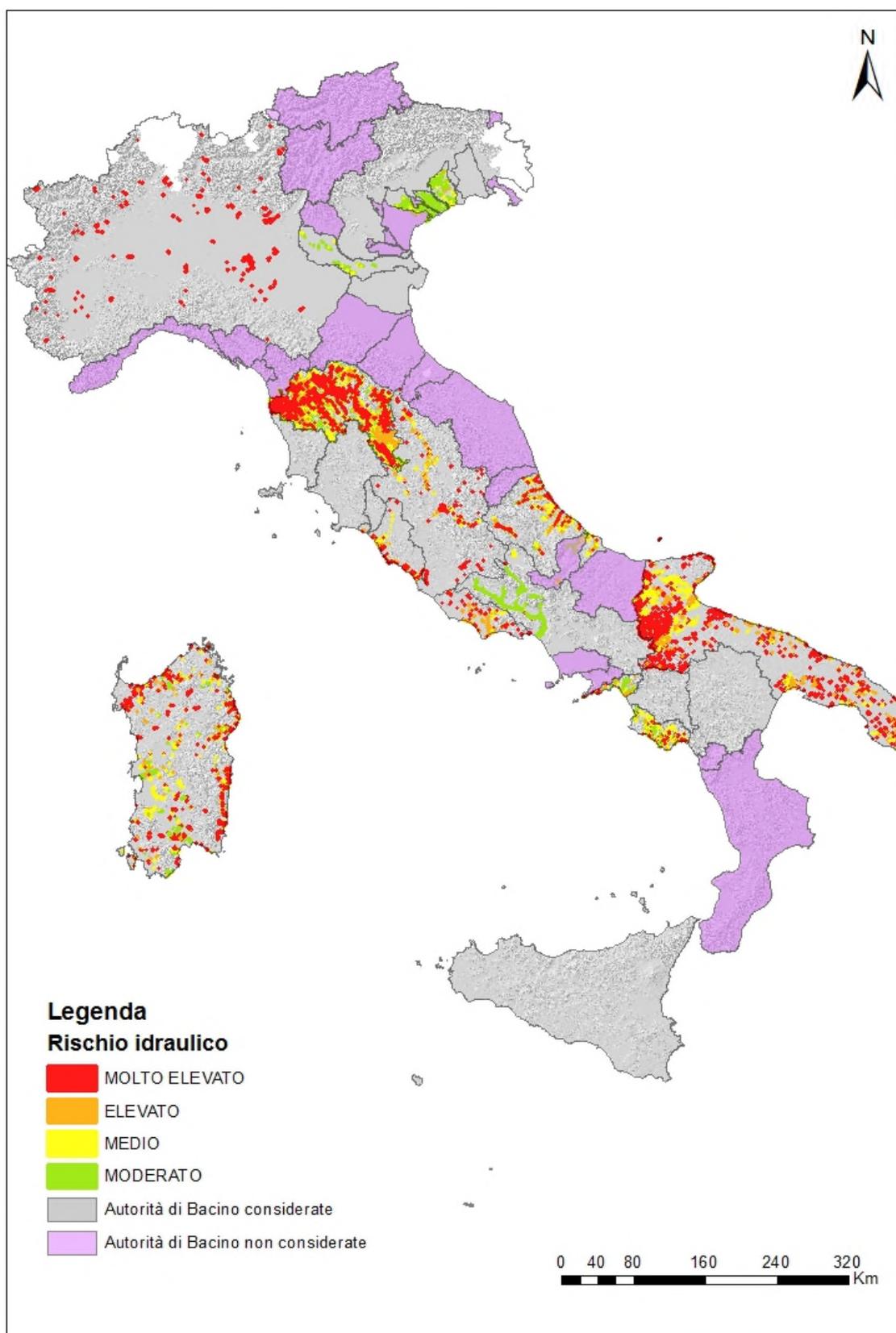


Figura 4.2/6 - *Shapefile* finale rischio idraulico (al 2015)

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI</p>	<p>ELABORATO DN GS 00102</p> <p>REVISIONE 04</p>
---	--



4.2.3 Analisi di 5° e 6° livello

Nel corso del 5° livello sono stati presi in considerazione gli strati informativi che seguono.

Piani Stralcio delle Fasce Fluviali

Il PSFF è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183.

Nella maggior parte dei casi il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è confluito nei Piani di Assetto Idrogeologico. Tuttavia sono stati riscontrati dei casi, Regione Sardegna in particolare, in cui PSFF e PAI prevedono mappe di pericolosità distinte e complementari, come esplicitamente dichiarato nel sito della regione. I dati relativi ai PSFF sono stati utilizzati al 5° livello di analisi applicando i dati raccolti alle porzioni di territorio risultanti dall'analisi del 4° livello tramite *screening* manuale.

Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

L'esclusione sulla base dei dati relativi ai fenomeni franosi italiani, effettuata al 1° livello di analisi sovrapponendo il *file* riportante gli elementi poligonali riportati in IFFI realizzato da ISPRA (cfr. Tab 4.3/4) al territorio nazionale, ha previsto un'ulteriore verifica nel 5° livello. In particolare in questa fase sono stati utilizzati anche gli altri strati informativi costituenti il *database* IFFI attraverso un processo di verifica manuale con il supporto di foto aeree per confermare l'assenza di fenomeni franosi all'interno delle aree.

Aree di attenzione

Le aree non escluse al 4° livello sono risultate sempre al di fuori delle Aree di Attenzione fornite dalle Autorità di Bacino, per cui al 5° livello non sono state effettuate ulteriori esclusioni relativamente a questo argomento.

Nel corso del 5° e 6° livello sono stati presi in considerazione gli strati informativi relativi alla "Direttiva Alluvioni"

Direttiva Alluvioni

La Direttiva 2007/60/CE "Direttiva alluvioni" e il D.Lgs. 49/2010, di recepimento della stessa, dispongono che le Autorità di Bacino distrettuali e le Regioni, in coordinamento fra loro e con il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, elaborino i Piani di gestione del rischio di alluvioni. Questi piani riguardano tutti gli aspetti della gestione del rischio e in particolare la prevenzione, la protezione, le previsioni di alluvioni e i sistemi di allertamento. I piani devono essere redatti sulla base di mappe della pericolosità di alluvione e del rischio individuate per diversi ambiti di rischio (fluviale, lacuale, marino, afferente la rete idraulica secondaria di pianura e la rete idraulica secondaria collinare e montana) per tre scenari di differente frequenza. Il D.Lgs. 219/2010 dispone che, nelle more dell'istituzione delle Autorità di Distretto, il compito di provvedere all'adempimento degli obblighi previsti D.Lgs. 49/2010 sia attribuito alle Autorità di Bacino di rilievo nazionale ed alle Regioni (ciascuna per la parte di territorio di propria competenza) e che le Autorità di Bacino di rilievo nazionale provvedano al coordinamento nell'ambito del distretto di appartenenza.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Entro il 23 dicembre 2013 la Direttiva prevedeva la conclusione dell'attività di mappatura della pericolosità e del rischio di alluvioni con la conseguente approvazione della cartografia elaborata.

I dati elaborati sulla base di tale Direttiva sono stati considerati durante le analisi di 5° e 6° livello e quindi applicati solo ad una minima parte del territorio italiano. Tale scelta deriva dal fatto che i dati relativi alla Direttiva Alluvioni non sono ancora resi disponibili da parte di tutti gli enti. In particolare sono state analizzate le cartografie relative a (cfr. Tab. 4.3/2):

- Regione Piemonte
- Regione Puglia
- Regione Emilia Romagna
- Regione Basilicata
- Autorità di Bacino del Fiume Tevere
- Autorità di Bacino della Regione Lazio
- Regione Sicilia
- Regione Sardegna
- Regione Toscana

Nella quasi totalità dei casi le cartografie sono state derivate dall'adeguamento della cartografia del PAI e del PSFF al D.Lgs. 49/2010, che prevede l'attuazione della Direttiva Comunitaria 2007/60/CE. Tale adeguamento ha previsto generalmente il recepimento delle modifiche più recenti applicate, ad esempio, a livello comunale alle cartografie PAI e PSFF e, nel caso della definizione delle mappe di pericolosità, l'attribuzione di nuove classi uniformate in sostituzione a quelle precedentemente definite:

- P1 (pericolosità bassa): aree con bassa probabilità di accadimento ($200 < Tr \leq 500$);
- P2 (pericolosità media): aree con media probabilità di accadimento ($100 \leq Tr \leq 200$);
- P3 (pericolosità elevata): aree con elevata probabilità di accadimento ($Tr \leq 50$);

Per quanto riguarda il calcolo del rischio è prevista la realizzazione della Carta del Danno Potenziale; tale carta deriva dall'analisi condotta sul territorio di competenza di tutte le categorie di elementi "a rischio" esposti a possibili eventi di natura idrogeologica, identificati e classificati secondo quattro classi omogenee di Danno Potenziale che tengono conto per la loro definizione del danno alle persone, e di quello al tessuto socio-economico ed ai beni non monetizzabili. Le classi così definite sono riportate di seguito:

- D1: Danno potenziale moderato o nullo;
- D2: Danno potenziale medio;
- D3: Danno potenziale elevato;
- D4: Danno potenziale molto elevato.

La sovrapposizione della Carta del Danno Potenziale e della Carta della Pericolosità idraulica porta alla definizione di una Carta del Rischio idraulico, in conformità con quanto previsto dalla Direttiva Comunitaria; infatti, definiti i tre livelli di pericolosità (P3, P2, P1) e i quattro di danno potenziale (D4, D3, D2, D1) vengono stabiliti i quattro livelli di Rischio conseguente che sono del tutto paragonabili a quelli individuati dal DPCM 29/09/98:

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- R1: Rischio moderato o nullo;
- R2: Rischio medio;
- R3: Rischio elevato;
- R4: Rischio molto elevato.

Nell'elaborazione della CNAPI, durante l'analisi di 5° e 6° livello sono state utilizzate sia le carte relative alla pericolosità che quelle relative al rischio, effettuando esclusioni e ripermetrazioni delle aree non escluse risultanti dal precedente livello di analisi.

4.2.4 Verifiche 7° livello – Recepimento rilievi ISPRA

In alcuni specifici casi ISPRA ha richiesto di valutare la necessità di ripermetrazione delle aree in relazione alla presenza nelle immediate vicinanze di zone classificate a pericolosità e/o rischio idraulico/geomorfologico. Sono state pertanto effettuate alcune ripermetrazioni cautelative sulla base dei documenti esaminati nei livelli precedenti e delle caratteristiche geomorfologiche locali allo scopo di incrementare la distanza tra i margini delle aree e le zone a pericolosità.

4.2.5 Verifiche successive al 2015

La costante revisione dell'Inventario Nazionale dei Fenomeni Franosi (IFFI), dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), dei Piani di Gestione del Rischio Alluvioni previsto dalla "Direttiva Alluvioni" (Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita con D.Lgs. 49/2010) e in alcuni casi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), ha permesso di rilevare la presenza di diversi nuovi aggiornamenti. I nuovi dati rilevati sono stati sovrapposti alla CNAPI valutando le modifiche necessarie per una corretta applicazione del criterio CE4, talvolta portando nuove esclusioni. In alcuni casi le valutazioni sono state condotte con il supporto di DTM e carte delle pendenze, al fine di considerare gli elementi di pericolosità calandoli nel contesto geomorfologico locale.

Si segnala che il 17 febbraio 2017 è entrato in vigore il decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 294 del 25 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 27 del 2 febbraio 2017), recante "Disciplina dell'attribuzione e del trasferimento alle Autorità di bacino distrettuali del personale e delle risorse strumentali, ivi comprese le sedi, e finanziarie delle Autorità di Bacino, di cui alla legge 18 maggio 1989, n.183.

4.3 DATI DI RIFERIMENTO

La fase più lunga del lavoro è stata quella della raccolta dei dati aggiornati inerenti ai PAI delle singole Autorità di Bacino e delle relative relazioni tecniche, norme di attuazione e delibere di approvazione.

I dati sono stati inizialmente cercati in rete (siti *web*, *geoportali*, *webgis...*) e, dove possibile scaricati direttamente dalle aree *download* dei siti *web* delle Autorità stesse.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



In mancanza di dati scaricabili direttamente, le Autorità di Bacino sono state contattate. Nello specifico, alle Autorità di Bacino selezionate, sono stati innanzitutto richiesti gli *shapefile* inerenti la pericolosità e il rischio idrologico e geomorfologico e le eventuali aree di attenzione individuate.

Nelle tabelle successive sono riassunte le informazioni relative alla raccolta dati quali l'aggiornamento dei dati scaricati e i riferimenti legislativi di approvazione delle cartografie utilizzate.

Tabella 4.3/1 – PAI: Informazioni generali sui dati raccolti

Autorità di bacino	Delibera	Relazione (Data)	Norme tecniche (Data)	Aggiornamento <i>shapefile</i>
Regione Abruzzo	Delibera 94/7 del Consiglio Regionale d'Abruzzo del 29/01/2008	N.D.	N.D.	2008
Alto Adriatico (Brenta-Bacchiglione, Isonzo, Piave, Tagliamento)	Delibera del C.I. n. 3 del 9/11/2012	Delibera del C.I. n. 3 del 9/11/2012	Delibera del C.I. n. 3 del 9/11/2012	2012
Alto Adriatico (Livenza)	Delibera del C.I. n. 4 del 9/11/2012	Comitato Istituzionale del 21/12/2010	Comitato Istituzionale del 21/12/2011	2011
Arno	Delibera del C.I. n. 185 del 11/11/2004	nov-04	nov-04	In continuo aggiornamento - 01/2014
Basilicata	Delibera del C.I. n.9 del 19/12/2012 (2° aggiornamento 2011)	Delibera del C.I. n.9 del 19/12/2012 (2° aggiornamento 2011)	Delibera del C.I. n.9 del 19/12/2012 (2° aggiornamento 2011)	Idraulico: 24/10/2011 Frane: 18/10/2013
Campania sud Sele	Delibera del C.I. n.31 del 21/06/2013		Delibera del C.I. n.31 del 21/06/2013	07/08/2012
Campania sud Sele Dx	Delibera del C.I. n.10 del 25/03/2011	Delibera del C.I. n.10 del 25/03/2011	Delibera del C.I. n.10 del 25/03/2011	23/11/2011
Campania sud Sele Sx				06/04/2012
Fiora	Delibera del C.I. n.1 del 22/04/2002 (aggiornata 22/02/2006)	Delibera del C.I. n.1 del 22/04/2002 (aggiornata 22/02/2006)	Delibera del C.I. n.1 del 22/04/2002 (aggiornata 22/02/2006)	Pericolosità idraulica: 09/2012 Pericolosità frane: 05/2013 Tr 500 anni: 02/13
Fissero-Tartaro-Canalbianco	Delibera del C.I. n.1 del 12/04/2002	Delibera del C.I. n.1 del 12/04/2002	Delibera del C.I. n.1 del 12/04/2002	apr-02
Lazio Nord	Delibera del C.R. n.17 del 04/04/2012	Delibera del C.R. n.17 del 04/04/2012	Delibera del C.R. n.17 del 04/04/2012	ott-13
Lazio Sud				
Lemene	Delibera del C.I. n.1 del 26/11/2002			nov-02
Liri-Garigliano e Volturno	Frane: Delibera del C.I. n.1 del 25/02/2003 Idraulico: Delibera del C.I. n.2 del 05/04/2006	Frane: Delibera del C.I. n.1 del 25/02/2003 Idraulico: Delibera del C.I. n.2 del 05/04/2006	Frane: Delibera del C.I. n.1 del 25/02/2003 Idraulico: Delibera del C.I. n.2 del 05/04/2006	Rischio geomorfologico 09/2010 Rischio idraulico: 2004 Pericolo idraulico (fasce): 12/2004
Po	Po Delta: Delibera del C.I. n.5 del 19/07/2007 Po: Delibera del C.I. n.18 del 26/04/2001	Po Delta: Delibera del C.I. n.5 del 19/07/2007 Po: Delibera del C.I. n.18 del 26/04/2001	Po Delta: Delibera del C.I. n.5 del 19/07/2007 Po: Delibera del C.I. n.18 del 26/04/2001	- fasce fluviali: agg. al 2008 (le successive variazioni non sono state integrate negli <i>shapefile</i> ma sono

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Autorità di bacino	Delibera	Relazione (Data)	Norme tecniche (Data)	Aggiornamento <i>shapefile</i>
				disponibili come mappe allegate alle deliberazioni di variante PAI) - dissesti (aree di esondazione e frane) - 2001 (le norme di attuazione del PAI stesso hanno demandato il tema al livello della pianificazione urbanistica e quindi non sono più oggetto di specifica pianificazione dell'AdbPo)
Puglia	Delibera del C.I. n.39 del 30/11/2005	dic-04	nov-05	nov-13
Sardegna	D.P.R. n. 67 del 10/07/2006	lug-04	D.P.R. n.148 del 26 ottobre 2012 e n.130 del 8 ottobre 2013	21 febbraio 2014
Sicilia	D.A. del 4 luglio 2000 n. 298/41 e successivi aggiornamenti, con il quale è stato adottato il Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico legge regionale 3 maggio 2001, n. 6, ed in particolare l'art. 130 "Piano stralcio di bacino", comma 2, il quale prevede che "Il piano di bacino è adottato, su proposta dell'Assessorato regionale del territorio e dell'ambiente, con decreto del Presidente della Regione previa delibera della Giunta regionale che si esprime sulla proposta tenuto conto del parere espresso dalla Conferenza programmatica"	2004	2004	Geomorfologico: novembre 2013
Tevere	Delibera del C.I. n.114 del 05/04/2006 Delibera del C.I. n.125 del 18/07/2012 (adozione 1° aggiornamento)	Delibera del C.I. n.125 del 18/07/2012 (adozione 1° aggiornamento)	Delibera del C.I. n.125 del 18/07/2012 (adozione 1° aggiornamento)	Idraulico: 01/12/2013
Toscana Costa	Delibera G.R. n.13 del 25/01/2005			01/12/2012
Toscana-Ombone	Delibera G.R. n.831 del 23/07/2001			01/10/2013
Veneto-Sile e Pianura tra Piave e Livenza	Delibera C.R. n.48 del 27/06/2007	Delibera C.R. n.48 del 27/06/2007	Delibera C.R. n.48 del 27/06/2007	Alluvioni aggiornate al 09/2013

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Tabella 4.3/2 – Direttiva Alluvioni: Informazioni generali sui dati raccolti

Ente	Delibera di approvazione	Aggiornamento dati
Regione Piemonte	Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po nella seduta del 23 Dicembre 2013	Dicembre 2013
Regione Emilia Romagna	Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po nella seduta del 23 Dicembre 2013	Dicembre 2013
Regione Toscana	Comitato Istituzionale 23 dicembre 2013	
Autorità di bacino del Fiume Tevere	Comitato Tecnico del 21 giugno 2013	Giugno 2013
Regione Lazio	Comitato Tecnico del 21 giugno 2013	Giugno 2013
Regione Puglia	Comitati Tecnici dell'AdBP, nelle sedute del 04/04/2013 e 20/05/2013	Maggio 2013
Regione Basilicata	Delibera n. 1 del 23/12/2013 del Comitato Istituzionale del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale	23 dicembre 2013
Regione Sicilia	Giugno 2013	Tra il 2006 e il 2013
Regione Sardegna	Deliberazione n. 2 nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del 20 giugno 2013	20 giugno 2013

Tabella 4.3/3 – PSFF: Informazioni generali sui dati raccolti

Ente	Delibera di approvazione	Aggiornamento dati
Regione Sardegna	Delibera n. 1 del 20/06/2013 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna	Dicembre 2013

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Tabella 4.3/4 – IFFI: Informazioni generali sui dati raccolti

Ente	File utilizzati	Aggiornamento dati
ISPRA	<ul style="list-style-type: none"> • <i>ISPRA_IFFI_piff</i>, contiene il PIFF (Punto Identificativo del Fenomeno Franoso) ubicato in corrispondenza della quota più elevata del coronamento della frana. Quando il fenomeno è rappresentato da geometrie poligonali, il punto del livello IFFI è contenuto all'interno del poligono corrispondente, ad eccezione del caso in cui il poligono cartografato costituisca l'area di espansione o un poligono isolato; quando la frana è rappresentata da una linea o da una linea e un'area, il PIFF coincide con l'estremo superiore della linea. • <i>ISPRA_IFFI_lineari</i>, contiene le frane rappresentate con elementi lineari. Si tratta di fenomeni franosi di forma molto allungata, così piccola da non essere cartografabile alla scala di lavoro (< 25 m). Tali frane sono rappresentate da un arco orientato che parte dal punto sommitale del fenomeno (PIFF) e termina nell'unghia o all'inizio dell'area di espansione. La tabella associata contiene un solo attributo: IDFRANA, codice identificativo della frana. • <i>ISPRA_IFFI_frane_po</i>, contiene le frane rappresentate come elementi poligonali; sono rappresentati solamente i fenomeni franosi con tipologia: crollo/ribaltamento, scivolamento rotazionale/traslattivo, espansione, colamento lento, colamento rapido, sprofondamento o complesso. Sono riportate frane con superficie minima definita in funzione della scala della base topografica utilizzata per il rilevamento: <ul style="list-style-type: none"> o scala=1:5.000, area minima=400 m² o scala=1:10.000, area minima=1600 m² o scala=1:25.000, area minima=10.000 m² <p>Il poligono racchiude tutte le parti o settori che compongono una frana, quali ad esempio il coronamento, la zona di scorrimento, la zona di accumulo, ecc. Questo <i>shapefile</i> contiene anche i poligoni relativi alle zone di espansione di quei fenomeni che hanno un canale di trasporto rappresentabile solo con una linea e una zona di accumulo cartografabile.</p> <p>La tabella associata contiene le seguenti informazioni principali: IDFRANA, codice identificativo della frana; TIPO_MOV, che contiene la tipologia di movimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ISPRA_IFFI_dgpv_po</i> contiene i poligoni dei fenomeni franosi classificati come DGPV (Deformazioni Gravitative Profonde di Versante). • <i>ISPRA_IFFI_aree_po</i> contiene i poligoni in cui sono presenti le seguenti tipologie di movimento: aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi, aree soggette a sprofondamenti diffusi e aree soggette a frane superficiali diffuse. 	Luglio 2014

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



5 CE5 – ESCLUSIONE DELLE AREE CONTRADDISTINTE DALLA PRESENZA DI DEPOSITI ALLUVIONALI DI ETÀ OLOCENICA

5.1 GENERALITÀ E STUDIO DI RIFERIMENTO

Il criterio di esclusione CE5 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree contraddistinte dalla presenza di depositi alluvionali di età olocenica, specificando:

“Queste zone sono caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali messi in posto dalla dinamica fluviale durante l'Olocene. L'esclusione di tali aree è un ulteriore elemento precauzionale per la minimizzazione del rischio idraulico.”

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“It should be verified that surface processes such as flooding of the disposal site ... do not occur with such frequency or intensity that they could affect the ability of the disposal system to meet safety requirements. ... Preference should be given to areas or sites with topographical and hydrological features that preclude the potential for flooding.”*

Il riferimento all'età olocenica dei depositi alluvionali si spiega in quanto l'Olocene è l'ultima epoca del Quaternario e copre l'arco di tempo degli ultimi 10.000 anni, cioè il periodo successivo ai periodi glaciali precedenti e quindi caratterizzato da un clima che in prima approssimazione può essere considerato analogo a quello attuale.

È quindi evidente che, come dichiarato espressamente nell'enunciazione del criterio, l'esclusione delle aree con depositi alluvionali olocenici intende estendere cautelativamente l'arco temporale di possibile ricorrenza dei fenomeni alluvionali rispetto a quanto valutabile mediante metodologie puramente idrologiche normalmente utilizzate per la definizione della pericolosità idraulica, peraltro rispetto ad eventi con tempo di ritorno breve tenuto conto del periodo di controllo istituzionale richiamato nella GT29 per la fase successiva alla chiusura del Deposito.

Le esclusioni conseguenti alle valutazioni di pericolosità e rischio idraulico di carattere prevalentemente idrologico sono già state prese in considerazione dal precedente criterio CE4. Il presente criterio richiede valutazioni di ordine geologico-geomorfologico per poter perimetrare ed escludere le aree potenzialmente inondabili nel lungo periodo.

I depositi alluvionali olocenici derivano dall'accumulo dei sedimenti lasciati dalle piene fluviali negli ultimi 10.000 anni circa. In questo periodo il clima è rimasto sostanzialmente stabile e le variazioni che in esso si sono succedute possono essere prese a riferimento per ipotizzare l'ampiezza delle variazioni che possono essere attese nei prossimi secoli (Piccarretta et al. 2011). E' possibile infatti tenere conto dei possibili effetti delle piene nei bacini idrografici osservando la distribuzione dei sedimenti alluvionali di questo periodo che sono stati originati da eventi anche con tempi di ritorno molto lunghi (da plurisecolari a plurimillenni) permettendo di superare la forte limitazione della significatività a scala plurisecolare delle previsioni di piena che sono alla base dei Piani di Assetto Idrogeologico rispetto alle quali si effettua l'esclusione per il criterio CE4.

Nella seguente figura 5.2/1 sono evidenziate le oscillazioni termiche oloceniche rispetto alle quali sono documentate significative variazioni del regime delle portate dei corsi d'acqua.

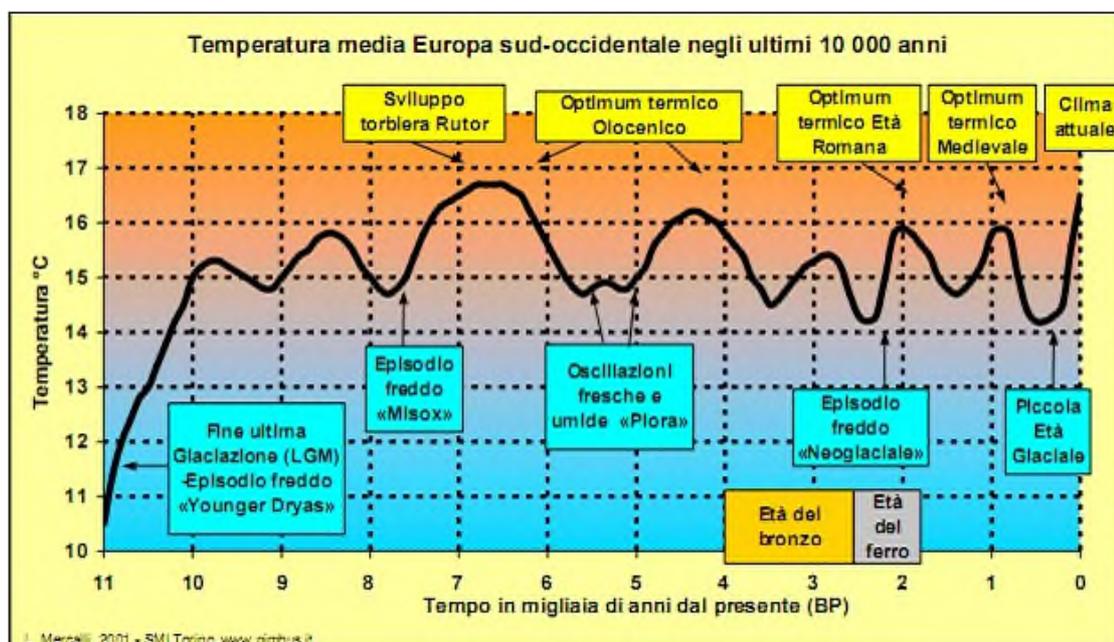


Figura 5.2/1 – Variazioni della della temperatura in Europa sud-occidentale nell’Olocene.
Fonte: L. Mercalli, 2001 - SMI Torino, www.nimbus.it

I dati a disposizione per l'applicazione di tale esclusione sono costituiti essenzialmente dalla Carta Geologica in scala 1:100.000, disponibile per l'intero territorio nazionale, 1:50.000, disponibile solo per alcuni fogli (circa 40% del territorio) e dalle carte geologiche 1:25.000/1:10.000, disponibili solo per alcune Regioni. Poiché, come è noto, la cartografia 1:100.000 è composta da fogli pubblicati in epoche diverse tra loro e con a volte rilevanti disomogeneità da zona a zona riguardo le formazioni quaternarie, in termini di modalità di rilevamento, di classificazioni formazionali e di attribuzioni cronologiche, si è ritenuto necessario svolgere un lavoro di analisi critica, confronto ed omogeneizzazione della cartografia disponibile. Poiché è evidente che svolgere tale attività per l'intero territorio nazionale risulta di estrema onerosità ed esula dagli scopi del presente lavoro, si è ritenuto di limitarla alle sole aree non escluse risultanti dai primi due livelli di analisi (circa 6.300 km²). L'applicazione di tale criterio ha quindi costituito il terzo livello di analisi, per lo svolgimento del quale ci si è avvalsi della collaborazione dell'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG) del CNR. Nel prossimo paragrafo si riporta una sintesi dello studio e le conseguenti modalità di applicazione adottate per la redazione della CNAPI. Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai documenti CNR completi (DN GS 00035, DN GS 00049 e DN GS 00054).

5.2 INTRODUZIONE

I depositi alluvionali olocenici sono identificati dalla presenza di tracce geologiche di eventi alluvionali avvenuti durante l’Olocene. In genere questi eventi si sono verificati nelle piane di esondazione fluviali che sono confinate tra le sponde fluviali tuttora riconoscibili. Tali sponde possono esse costituite sia da versanti impostati nelle

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



formazioni geologiche di substrato, sia da versanti di terrazzi alluvionali di età quaternaria, più antica rispetto all'Olocene.

In alcune carte geologiche, i depositi Olocenici sono accorpati con generici depositi Pleistocenici, o riferiti al Pleistocene superiore. In questo caso, la distinzione tra deposito Olocenico e altro è stata eseguita principalmente su basi morfologiche, quando non fossero disponibili dati di letteratura già esistente. Infatti, il limite di questi depositi è normalmente marcato dalla presenza di scarpate morfologiche. Nei casi particolari di ampie zone di pianura quali la Pianura Padana s.l. o la zona del Campidano, tale scarpata è solo parzialmente evidente ed il limite dei depositi è costituito da una rottura di pendenza concava apprezzabile esclusivamente nel dettaglio. Altrettanto complesse sono le aree di conoide alluvionale, dove l'asta fluviale è di scarsa portata e dove eventi meteorici eccezionali possono portare alla dispersione di alluvioni lungo parte della superficie stessa della conoide.

L'analisi critica della letteratura e della cartografia riguardanti i depositi alluvionali olocenici della penisola Italiana ha evidenziato diverse problematiche legate sia alla identificazione univoca dei depositi relativi all'intervallo stratigrafico "Olocene", sia alla non sempre univoca definizione dei depositi alluvionali stessi. Spesso, questi non sono distinti da altre coperture superficiali oloceniche di natura diversa quali coltri detritiche, coltri eluviali, coperture eoliche ecc., o in genere da depositi non di natura alluvionale e di granulometria variabile da grossolana (ghiaie) a fine (limi e argille).

Le problematiche più generali sono legate alla disponibilità di sola cartografia "antica" che non essendo aggiornata riporta il desueto del termine "alluvionale" oltre che non distinguere le varie unità oloceniche. Le differenze tra cartografia antica e moderna si evidenziano soprattutto alla giunzione di Fogli della Carta Geologica, risalenti a rilevamenti effettuati in anni molto distanti tra loro. In questo caso, non solo i limiti dei depositi alluvionali olocenici non corrispondono ma, data la terminologia e i concetti di rilevamento geologico obsoleti del Foglio più "antico", risulta difficile interpretare gli elementi cartografati rispetto alla terminologia e ai concetti in uso attualmente. All'interno delle problematiche generali rientra anche la pratica cartografica di ridurre l'estensione dei depositi alluvionali olocenici per rendere più evidenti in carta i depositi riferiti al substrato. Tale riduzione è evidente soprattutto nei Fogli geologici a piccola scala (1:100.000). Al contrario, la rappresentazione cartografica dei depositi alluvionali olocenici è più omogenea nella cartografia nazionale al 50.000 che è purtroppo incompleta (255 fogli geologici ultimati su 652). Questa, infatti, come da direttive del progetto CARG, considera i depositi olocenici alla stregua degli altri corpi geologici e ne fornisce una descrizione dettagliata sia in legenda sia nelle note illustrative.

Le problematiche più specifiche riguardano invece le scelte da affrontare nei confronti delle unità cartografiche rappresentate che vanno valutate singolarmente e caso per caso. Infatti, spesso la rappresentazione cartografica dei depositi alluvionali olocenici è rispecchiata in unità stratigrafiche distinte ma con limiti temporali o litologici non ben definiti. Una generica unità litostratigrafica riferita all'Olocene, può riguardare un deposito che comprende tutti i sedimenti riguardanti l'intervallo temporale senza che sia stata effettuata una distinzione dei diversi processi sedimentari di formazione (ad esempio: depositi fluvio-lacustri, sabbie e argille continentali). In altri casi, i depositi alluvionali olocenici sono accorpati all'interno di unità litostratigrafiche più ampie che, pur riferendosi in parte al medesimo processo sedimentario, hanno come limite inferiore il Pleistocene

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



superiore, un generico Pleistocene o tardo-Quaternario. E' chiaro che la consultazione della cartografia locale a grande scala, ove esistente, e della letteratura scientifica inerente fornisce un valido aiuto per risolvere queste incongruenze, che tuttavia potranno essere definite compiutamente solo con rilevamenti e studi a scala locale.

5.3 APPLICAZIONE

Al fine di cartografare le aree alluvionali oloceniche per le zone non escluse dai primi due livelli di analisi, è stata inizialmente utilizzata la cartografia geologica digitale (scala 1:100.000 del Servizio Geologico Nazionale esistente per tutta Italia e a scala 1:25.000 della Regione Autonoma della Sardegna). Andando ad analizzare tutti i termini delimitati e definiti come depositi quaternari continentali, sono state selezionate tutte le formazioni in contatto con i poligoni delle aree non escluse ed in maniera semiautomatica sono state escluse tutte le formazioni di età maggiori del Quaternario. Gli areali rimasti sono stati quindi analizzati singolarmente, con particolare riguardo alle zone di contatto e/o sovrapposizione. In questo modo è stato possibile estrarre la maggior parte dei fondovalle alluvionali di età olocenica e studiare in dettaglio tutte le unità di fondovalle classificate con definizioni meno dettagliate quali:

- Depositi quaternari generici (in alcuni casi depositi Pleistocenici chiaramente riferibili a fondovalle olocenici);
- Depositi fluviali, terrazzati ed attribuiti a Olocene-Pleistocene generico (depositi attribuiti a *diluvium*, *alluvium* depositi attribuiti al "terrazziano");
- Depositi fluvio-lacustri attribuiti genericamente a Olocene-tardo Quaternario.

È stata quindi prodotta una nuova cartografia dei depositi alluvionali basata sull'analisi critica della cartografia ufficiale sopramenzionata. Tale analisi critica è stata svolta per risolvere punti di incertezza o ambiguità sulla base di:

- confronti con la cartografia del progetto CARG alla scala 1:50.000, laddove disponibile;
- confronto con dati bibliografici riferiti a situazioni specifiche e in alcuni casi particolari con dati di sondaggi puntuali;
- analisi della morfologia di dettaglio sulle tavolette IGM integrata in alcuni casi con analisi di fotointerpretazione.

Sono stati cartografati tutti i depositi alluvionali così come inseriti nei prodotti della cartografia nazionale. Questi dati sono stati parzialmente integrati con i dati cartografici da monografie e lavori di dettaglio sia per l'area dell'Italia continentale sia per l'area riguardante la Sicilia. Per quanto riguarda la Sardegna, data l'incompletezza della cartografia 1:100.000 (foglio 181 non disponibile), è stata utilizzata la carta 1:25.000 prodotta dalla Regione.

La legenda adottata, sulla base della cartografia alla scala 1:100.000, distingue per tutti gli areali della penisola italiana per la Sicilia e per la Sardegna le seguenti unità:

1. sedimenti alluvionali di età Olocene;
2. sedimenti alluvionali riferiti ad un intervallo Pleistocene-Olocene (a volte Pleistocene pp-Olocene);
3. sedimenti alluvionali riferiti al Pleistocene o Pleistocene pp;

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



4. sedimenti alluvionali attribuiti a tutto il Quaternario o all'intervallo tardo Quaternario-Olocene;
5. depositi di varia natura, non legata a sedimenti alluvionali che hanno una età riferita all'Olocene o al Quaternario (detriti di versante, riporti antropici, conoidi, coltri eluviali, corpi di frane, depositi glaciali, etc.).

Nella legenda adottata per la cartografia a grande scala della Sardegna, sulla base della cartografia 1:25.000, sono state inserite le seguenti due unità di legenda:

6. sedimenti alluvionali riferiti all'Olocene, morfologicamente riferiti ad un terrazzo lievemente incassato nei depositi seguenti;
7. sedimenti alluvionali riferiti all'Olocene morfologicamente riferiti ad un corpo alluvionale terrazzato e di poco o solo localmente più alto del fondovalle olocenico nelle aree del Campidano meridionale.

Nell'**unità 1** sono comprese le unità definite dalle varie terminologie utilizzate nei fogli geologici della cartografia ufficiale quali alluvioni da recenti ad attuali, alluvioni fluviali, alluvioni o depositi postglaciali, depositi alluvionali attuali e recenti, in alcuni casi alluvioni terrazzate anche dove queste costituiscono chiaramente il fondovalle alluvionale, depositi alluvionali, depositi fluviali, unità litologiche di varia natura da limoso-argillosi a conglomerati sciolti o debolmente cementati o travertini. Tutte le unità inserite in questa casella di legenda sono unità che almeno in parte costituiscono chiaramente il fondovalle alluvionale olocenico. L'attribuzione cronologica dei fogli geologici ufficiali è generalmente riferita all'Olocene, a volte tali depositi sono attribuiti genericamente al Quaternario o al Quaternario recente o attuale, a volte al Pleistocene o Pleistocene pp o all'intervallo Olocene Pleistocene (a volte pp).

Nell'**unità 2** sono comprese unità le cui descrizioni litologiche sono simili alle descrizioni delle unità attribuite all'Olocene ma con frequenti attribuzioni a corpi terrazzati bassi o recenti. La prevalente attribuzione cronologica è non chiara o dubbia tra Olocene s.s. ed un intervallo tra Olocene e Pleistocene superiore (o genericamente Quaternario o Quaternario recente). A oggi, tali unità sono state conservate nella cartografia dei depositi alluvionali olocenici in quanto localmente sono presenti valli con fondovalle alluvionali da evidenziare e distinguere nelle fasi successive di svolgimento del presente lavoro.

Nell'**unità 3** sono comprese unità litologiche chiaramente attribuite a depositi alluvionali con descrizioni litologiche simili a quelle descritte sopra ma con frequenti riferimenti a posizioni morfologiche sollevate rispetto al fondovalle attuale. Tali unità sono riferite al Pleistocene, da superiore a recente, al tirreniano-calabriano o al wurmiano, al Quaternario o al Quaternario antico, localmente è utilizzato il termine "terrazziano". Ad oggi, tali unità sono state conservate nella presente cartografia in quanto localmente sono presenti valli con fondovalle alluvionali da evidenziare e distinguere nelle fasi successive di svolgimento del presente lavoro.

Nell'**unità 4** sono compresi tutti i termini con unità litologiche riferibili a depositi alluvionali e con età o indicazioni morfologiche riferibili ad un generico Quaternario. Ad oggi, tali unità sono state conservate nella cartografia in quanto localmente sono presenti valli con fondovalle alluvionali da evidenziare e distinguere nelle fasi successive di svolgimento del presente lavoro.

Nell'**unità 5** sono compresi i termini litologici prevalentemente riferiti o riferibili all'Olocene di natura diversa dai depositi alluvionali. Si tratta di depositi di natura diversa: conoide, coni di detrito, detrito di versante, depositi di frana, eluviali, lagunari (torbosi) e relativi ad

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



attività antropiche quali discariche di miniera o di altra attività. Anche tali unità sono ad oggi state conservate nella presente cartografia in quanto localmente è possibile la presenza di depositi alluvionali da evidenziare e distinguere nelle fasi successive di svolgimento del presente lavoro.

Sulla base della cartografia geologica alla scala 1:25.000 della Regione Sardegna, sono state fatte le stesse distinzioni descritte nei paragrafi precedenti. Questa cartografia mette in evidenza la presenza di unità terrazzate a bassa quota rispetto ai fondovalle di unità alluvionali riferite all'Olocene.

Nell'**unità 6** sono compresi depositi alluvionali lievemente incassati nel terrazzo deposizionale dell'unità 7. In questo caso, negli stessi areali sono stati compresi numerosi fondovalle alluvionali in quanto sede di deposizione alluvionale olocenica.

Nell'**unità 7** sono compresi i depositi alluvionali di una formazione terrazzata a bassa quota rispetto al fondovalle alluvionale attuale. Negli stessi areali sono stati compresi numerosi fondovalle alluvionali del reticolo che afferisce a questa unità terrazzata e che nella fase di lavoro successiva andranno distinte in quanto sede di deposizione alluvionale anche olocenica.

Si è quindi proceduto a raggruppare le precedenti unità nel modo seguente:

Sedimenti alluvionali olocenici certi: comprendenti le **unità 1 e 6** sopra citate; sono compresi in questi areali tutti i termini che costituiscono il fondovalle alluvionale olocenico lungo le aste vallive. Comprende tutti i fondovalle in cui sono presenti depositi legati ad eventi di esondazione alluvionale durante l'Olocene con locali e circoscritti eventi lacustri o palustri ed eventi di colluviamento. Tutti questi areali sono stati **esclusi** nel terzo livello di analisi.

Sedimenti alluvionali di età incerta: comprendenti le **unità 2, 4, e 7** sopra citate; questi areali comprendono i termini che costituiscono i depositi alluvionali di età non meglio definibile compresa tra tardo pleistocenica ed olocenica normalmente poco sospesi sul fondovalle attuale. Tali areali comprendono anche i depositi olocenici in facies lacustre o palustre in cui è molto probabile anche la presenza di depositi alluvionali. Tutti questi areali non sono stati esclusi immediatamente in questo livello di analisi, preferendo segnalarne la presenza per le necessarie verifiche nelle successive fasi di lavoro.

Substrato pre-olocenico: sono compresi in questi areali tutti i termini costituiti dal substrato roccioso o terrigeno e da corpi alluvionali di età più antica dell'Olocene (**unità 3** sopra citata). Ovviamente tutti questi areali non sono stati esclusi.

Altri terreni olocenici non alluvionali: questi areali comprendono tutti i corpi geologici olocenici di natura non alluvionale (**unità 5** sopra citata) quali ad esempio specchi lacustri o palustri minori, depositi antropici di varia natura, banchi o depositi travertinosi, detriti o depositi di frana, ecc.. Tutti questi areali non sono stati esclusi immediatamente in questo livello di analisi, preferendo segnalarne la presenza per le necessarie verifiche nelle successive fasi di lavoro e per altri criteri di esclusione.

Di seguito si descrive sinteticamente la situazione riferita alle varie zone geografiche analizzate, illustrando le principali problematiche affrontate.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



5.3.1 Italia settentrionale

Per quanto riguarda la Pianura Padana occidentale e alcuni fogli del Friuli, con cartografia ufficiale riferibile a pubblicazioni precedenti agli anni '60, indicazioni quali *diluvium* o *alluvium* sono frequenti. Questi sono riferiti genericamente al Quaternario o al Quaternario recente senza ulteriori distinzioni per definire i termini alluvionali olocenici necessari a questo studio.

Per le aree Padane sono state utilizzate ampiamente le cartografie sintetiche (scala 1:250.000) della cartografia geomorfologica della Pianura Padana che permettono di definire chiaramente le aree soggette ad alluvionamento olocenico. Inoltre sono stati consultati i seguenti fogli in scala 1:50.000: 86 San Vito al Tagliamento, 107 Portogruaro, 156 Torino Est, 157 Trino, 179 Ponte dell'Olio, 180 Salsomaggiore Terme, 181 Parma Nord, 182 Guastalla, 187 Codigoro, 198 Aquilone Terme, 200 Reggio nell'Emilia per acquisire nuovo dettaglio nella definizione dei depositi alluvionali olocenici.

Per la caratterizzazione e definizione delle aree con in affioramento testimonianze di attività alluvionali durante l'Olocene sulla base dei dati di letteratura, spesso non a scala di dettaglio si è fatto frequente ricorso alla interpretazione morfologica sia sulla base della cartografia topografica (1:25.000) che delle stereo coppie aerofotogeologiche e di immagini verticali di varia natura.

L'interpretazione degli Autori della Carta Geomorfologica della Pianura Padana che hanno cartografato alla scala 1:250.000 il corpo alluvionale del Fiume Po e degli altri corsi d'acqua della Pianura Padana, cartografando sia le morfologie presenti sia le caratteristiche delle coperture recenti e dei prodotti di pedogenesi, hanno dato la possibilità di leggere in chiave evolutiva anche quelle aree dove la cartografia ufficiale non forniva sufficienti dati per la valutazione della presenza di attività durante l'olocene. Dove comunque rimanevano dubbi sulla interpretazione cronologica dei depositi alluvionali, sono state indicate quelle aree dove solo studi di dettaglio maggiore (rilievi speditivi geologici e geomorfologici, sondaggi etc.) possono definire la presenza di corpi alluvionali olocenici.

5.3.2 Italia Centrale e Meridionale

Mediamente la cartografia del territorio italiano nella sua parte centrale e meridionale risulta completa e aggiornata. Le problematiche per la distinzione dei termini alluvionali olocenici è risultata relativamente univoca con, a volte, distinzioni litologiche in cui la cronostratigrafia non è sempre evidente (es. fogli 128 Grosseto, 163 Lucera, 164 Foggia in scala 1:100.000 nei quali le distinzioni effettuate sono basate essenzialmente su un criterio litologico con una stratigrafia poco dettagliata o definita, e i fogli 407 San Bartolomeo in Galdo, 408 Foggia, 421 Ascoli Satriano, 422 Cerignola in scala 1:50.000). Le distinzioni effettuate permettono comunque di definire con buona precisione l'estensione delle aree con depositi alluvionali olocenici rispetto a depositi alluvionali terrazzati e solo di poco sospesi sui fondovalle attuali. Anche in questo caso, per i limiti di dettaglio dei depositi alluvionali olocenici, è stata utilizzata ampiamente l'interpretazione morfologica basata sulle coppie stereoscopiche in foto aeree e la cartografia topografica alla scala 1:25.000; in alcuni casi si è rilevato di grande aiuto anche la possibilità di verificare particolari situazioni di terreno attraverso l'ausilio di immagini satellite disponibili in linea e l'ausilio di *street view*.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



5.3.3 Sicilia

La cartografia geologica di base della Sicilia è obsoleta essendo caratterizzata da fogli geologici in scala 1:100.000 che risalgono generalmente alla fine del XIX secolo o, se stampati più recentemente, fanno comunque riferimento a rilevamenti eseguiti alla fine dello stesso secolo. La cartografia geologica dell'isola è caratterizzata dalla presenza di pochi fogli recenti e di un ridotto numero di fogli CARG alla scala 1:50.000. Nella cartografia "antica" alla scala 1:100.000 risulta chiaramente la rappresentazione di un'interpretazione geologica del substrato in cui la presenza di coperture oloceniche è stata sacrificata e indicata solo dove le coperture recenti si sviluppano per spessori notevoli. Il confronto con la nuova cartografia CARG, dove presente, permette comunque di constatare una buona corrispondenza tra vecchia e nuova cartografia per quanto riguarda la presenza di coperture alluvionali oloceniche. Anche in questo caso, per i limiti di dettaglio dei depositi alluvionali olocenici, è stata utilizzata la cartografia alla scala 1:25.000 della cartografia topografica IGM.

5.3.4 Sardegna

Per quanto riguarda la Sardegna, la cartografia ufficiale CARG alla scala 1:50.000 disponibile *online* è limitata a soli 13 Fogli.

L'analisi della cartografia geologica regionale del 2008 alla scala 1:25.000 (<http://www.sardegnameoportale.it/index.php?xsl=2420&s=40&v=9&c=14479&es=6603&na=1&n=100&esp=1&tb=14401>) ha comunque permesso l'individuazione di aree caratterizzate da depositi alluvionali riferibili all'olocene in affioramento. Infatti, in questa cartografia di dettaglio i depositi alluvionali olocenici sono distinti dagli altri depositi riferiti a termini alluvionali più antichi, anch'essi ascritti all'olocene ma terrazzati sul fondovalle attuale.

Per i depositi terrazzati la cartografia geologica regionale alla scala 1:25.000 ha utilizzato frequentemente il termine olocene in maniera pervasiva anche per i depositi chiaramente sospesi sul fondovalle alluvionale olocenico con quote che raggiungono dislivelli fino a ca. 50 m al di sopra del relativo fondovalle. Tali interpretazioni acquisite anche per la produzione cartografica alla scala 1:50.000, sono state in seguito fortemente contestate in ambito scientifico e di conseguenza, in questa prima fase di lavoro, si è ritenuto di non procedere all'esclusione immediata dei termini terrazzati e sospesi sul fondovalle attuale (attribuiti all'Olocene dalla cartografia), in quanto tali termini sono infatti interpretabili di età più antica (genericamente tardi glaciale o Pleistocene superiore pp); è stata quindi rimandata alle fasi successive una eventuale attività di verifica. Ciò soprattutto perché localmente, la stessa campitura nella cartografia della Regione risulta estesa ai fondovalle alluvionali del reticolo minore dove con alta probabilità sono presenti anche depositi olocenici da escludere successivamente. Analogamente nell'area del Campidano, i termini limoso sabbiosi cartografati e distinti esclusivamente su base litologica e che affiorano lungo i fondovalle del reticolo minore che solca i terrazzi del Campidano, sono stati segnalati per le fasi successive in quanto localmente possono individuare la presenza di depositi alluvionali olocenici altrimenti non cartografabili sulla base dei dati disponibili. Le verifiche in situ possono permettere di verificare e distinguere la presenza di lembi minori di fondovalle alluvionali olocenici compresi nella cartografia dei depositi alluvionali terrazzati.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



5.4 ATTIVITÀ DI VERIFICA NEL 5° E 6° LIVELLO DI ANALISI

Nei i livelli di analisi quinto e sesto è stata svolta sulle aree non escluse una serie di ulteriori verifiche mediante cartografia di maggior dettaglio eventualmente disponibile, analisi di foto aeree ed anche rilievi in campo. In tal modo è stato possibile completare l'applicazione di tale criterio, tanto che spesso sono state operate ulteriori esclusioni, riproiettando od escludendo totalmente alcune specifiche aree prima non escluse. Si evidenzia che in questa fase si è ritenuto di non escludere aree con depositi olocenici eluvio-colluviali in quanto non direttamente riferibili a fenomeni alluvionali e spesso presenti soltanto in spessori ed estensioni modeste. Come accennato in precedenza si deve prendere atto che l'esame esaustivo di tali situazioni dovrà essere oggetto delle indagini proprie delle successive fasi di localizzazione, anche con l'ausilio di datazioni radiometriche.

5.5 VERIFICHE 7° LIVELLO – RECEPIMENTO RILIEVI ISPRA

In alcuni specifici casi ISPRA ha richiesto di valutare la necessità di riproiezione delle aree in relazione alla presenza di depositi alluvionali olocenici riportati principalmente nella cartografia geologica 1:50.000 (progetto CARG). Sono state pertanto effettuate alcune riproiezioni cautelative sulla base di tale cartografia e delle caratteristiche geomorfologiche locali.

5.6 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

Negli anni successivi alla prima preparazione della CNAPI è stata periodicamente monitorata l'eventuale pubblicazione di nuova cartografia geologica che poteva potenzialmente modificare la delimitazione e/o la datazione di depositi alluvionali. È stato verificato che nessuna modifica riguardante il presente criterio è intervenuta nell'ambito, o nelle immediate vicinanze, delle Aree Potenzialmente Idonee.

5.7 BIBLIOGRAFIA E DATI DI RIFERIMENTO

Guide IAEA:

IAEA (2014), *Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste*, SSG-29.

Studio di riferimento:

CNR-IGAG (2013) Realizzazione della cartografia dei sedimenti alluvionali olocenici alla scala 1:50.000. Primo Report di avanzamento. Doc. Sogin DN GS 00035.

CNR-IGAG (2014) Realizzazione della cartografia dei sedimenti alluvionali olocenici alla scala 1:50.000. Secondo Report di avanzamento. Doc. Sogin DN GS 00049.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



CNR-IGAG (2014) Realizzazione della cartografia dei sedimenti alluvionali olocenici alla scala 1:50.000. Report finale. Doc. Sogin DN GS 00054.

Piccarretta M., Caldara M., Capolongo D., Boenzi F. (2011) *Holocene geomorphic activity related to climatic change and human impact in Basilicata, Southern Italy*. *Geomorphology* 128 (2011) pp. 137-147

Cartografia Geologica 1:50000

Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Progetto CARG e fogli sperimentali - Fogli: 086 San Vito al Tagliamento, Foglio 107 Portogruaro, 147 Padova Sud, 148-149 Chioggia-Malamocco, 156 Torino Est, 157 Trino, 178 Voghera, 179 Ponte dell'Olio, 180 Salsomaggiore Terme, 181 Parma Nord, 187 Codigoro, 194 Acqui Terme, 200 Reggio nell'Emilia, 276 Figline Valdarno, 285 Volterra, 295 Pomarance, 296 Siena, 297 Asciano, 299 Umbertide, Foglio 310 Passignano sul Trasimeno, 332 Scansano, 344 Tuscania, 353 Montalto di Castro, 354 Tarquinia, 355 Ronciglione, 376 Subiaco, 389 Anagni, 402 Ceccano, 407 San Bartolomeo in Galdo, 408 Foggia, 421 Ascoli Satriano, 428 Arzachena, Foglio 438 Bari, 443 Tempio Pausania, 459 Sassari, 467 Salerno, 468 Eboli, 470 Potenza, 471 Irsina, 506 Sant'Arcangelo, 507 Pisticci, 523 Rotondella, 528 Oristano, 540 Mandas, 547 Villacidro, 548 Senorbì, 549 Muravera, 556 Assemmini, 557 Cagliari, 564 Carbonia, 565 Capoterra, 596-609 Capo Plaia-Termini Imerese, 597-610 Cefalù-Castelbuono, 605 Paceco, 608 Caccamo, 631 Caltanissetta, 636 Agrigento.

Cartografia Geologica 1:100000

Carta Geologica d'Italia 1:100.000 Fogli: 39 Pordenone, 40 Palmanova, 43 Biella, 44 Novara, 46 Treviglio, 49 Verona, 50 Padova, 52 San Donà di Piave, 56 Torino, 57 Vercelli, 58 Mortara, 59 Pavia, 60 Piacenza, 61 Cremona, 62 Mantova, 63 Legnago, 64 Rovigo, 65 Adria, 67 Pinerolo, 68 Carmagnola, 69 Asti, 70 Alessandria, 71 Voghera, 72 Fiorenzuola D'Arda, 73 Parma, 74 Reggio Emilia, 77 Comacchio, 78-79 Argentera-Dronero, 80 Cuneo, 82 Genova, 105 Lucca, 106 Firenze, 107 Monte Falterona, 112 Volterra, 113 Castelfiorentino, 114 Arezzo, 119 Massa Marittima, 120 Siena, 121 Montepulciano, 122 Perugia, 127 Piombino, 128 Grosseto, 129 Santa Fiora, 130 Orvieto, 135 Orbetello, 136 Tuscania, 137 Viterbo, 138 Terni, 142 Civitavecchia, 143 Bracciano, 144 Palombara Sabina, 148 Vasto, 151 Alatri, 154 Larino, 159 Frosinone, 160 Cassino, 161 Isernia, 163 Lucera, 164 Foggia, 167-168 Isola Rossa-La Maddalena, 171 Gaeta, 172 Caserta, 177 Bari, 179 Porto Torres, 180 Sassari, 182 Olbia, 187 Melfi, 188 Gravina di Puglia, 189 Altamura, 190 Monopoli, 192 Alghero, 193 Bonorva, 194 Ozieri, 195 Orosei, 198 Eboli, 200 Tricarico, 201 Matera, 202 Taranto, 203 Brindisi, 204 Lecce, 205-206 Capo Mannu- Macomer, 207 Nuoro, 208 Dorgali, 211 Sant'Arcangelo, 212 Montalbano Ionico, 214 Gallipoli, 216-217 Capo S. Marco- Oristano, 218 Isili, 219 Lanusei, 223 Capo Santa Maria di Leuca, 224-225 Capo Pecora- Guspini, 226 Mandas, 227 Muravera, 233 Iglesias, 234 Cagliari, 257 Castelvetro, 258 Alcamo, 259 Termini Imerese, 260 Nicosia, 261 Bronte, 265 Mazara del Vallo, 266 Sciacca, 267 Canicattì, 268 Caltanissetta, 269 Paternò, 271 Agrigento, 272 Gela.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Carta Geologica della Regione Sardegna 1:25.000

<http://www.sardegna.geoportale.it/index.php?xsl=2420&s=40&v=9&c=14479&es=6603&na=1&n=100&esp=1&tb=14401>

Carta Geologica della Regione Toscana 1:10.000

<http://www.regione.toscana.it/-/banche-dati-cartografia-geologica>

Altra bibliografia e cartografia di interesse regionale o locale, note illustrative, note scientifiche

Accordi, B., Angelucci, A., Serna, G., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000 - Foglio 159 Frosinone e Foglio 160 Cassino, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-77.

Alberti, A., Bertini, M., Del Bono, G.L., Nappi, G., Salvati, L., 1970. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000 - Foglio 136 Tuscania Foglio 142 Civitavecchia, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-141.

Allasinaz, A., Gelati, R., Gnaccolini, M., Martinis, B., Orombelli, G., Pasquarè, Rossi, P.M., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000 - Foglio 82 Genova, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-134.

Amadesi, E., 1985. Stato delle conoscenze sulla geologia della Pianura Padana. M. & S. Litografia, Torino, pp. 1-81.

Amorosi, A., Centineo, M.C., Colalongo, M.L., Pasini, G., Sarti, G., Vaiani, S.C., 2003. *Facies architecture and Latest Pleistocene-Holocene depositional history of the Po Delta (Comacchio Area), Italy. Journal of Geology*, 11 (1), pp. 39-56.

Amorosi, A., Colalongo, M.L., Pasini, G., Preti, D., 1999. *Sedimentary response to Late Quaternary sea-level changes in the Romagna coastal plain (northern Italy). Sedimentology*, 46(1), pp.: 99-121.

Amorosi, A., Fontana, A., Antonioli, F., Primon, S., Bondesan, A., 2008. *Post-LGM sedimentation and Holocene shoreline evolution in the NW Adriatic coastal area. GeoActa*, 7, pp. 41-67.

Anfossi, G., Desio, A., Gelati, R., Laureri, S., Petrucci, F., Venzo, S., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 60 Piacenza, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-38.

Antonioli, F., Ferranti, L., Fontana, A., Amorosi, A., Bondesan, A., Braitenberg, C., Dutton, A., Fontolan, G., Furlani, S., Lanbeck, K., Mastruzzi, G., Monaco, C., Spada, G., Stocchi,

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



P., 2009. *Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines. Quaternary International*, 206 (1-2), pp. 102-133.

APAT, 2004. Mapset: repertorio completo della cartografia geologica d'Italia- Cartografia Geologica Storica e Carta Geologica d'Italia Interattiva 1:25.000. Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, Organo Cartografico dello Stato (Legge n.68 del 2 febbraio 1960).

Azzaroli, A., Perno, U., Radina, B., 1968. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 188 Gravina di Puglia Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-57.

Azzaroli, A., Radina, B., Ricchetti, G., e Valduga, A., 1968. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 189 Altamura Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-21.

Azzaroli, A., e Valduga, A., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 177 Bari e Foglio 178 Mola di Bari, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-25.

Balboni, A., 1968. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 154 Larino, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-41.

Barca, S., Melis, E., Annino, E., Cincotti, F., 2005. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 557 "Cagliari". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-240, Roma.

Barca, S., Serri, R., Rizzo, R., Forci, A., Calzia, P., Pertusati, P.C., 2009. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 565 "Capoterra". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-206, Roma.

Bellinzona, G., Boni, A., Braga, G., Marchetti, G., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 71 Voghera, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-121.

Beneo, E., 1943. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio di Alatri, Ministero delle Corporazioni R. Ufficio Geologico, pp. 1-57.

Bergomi, C., Catenacci, V., Cestari, G., Manfredini, M., Manganelli, V., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 171 Gaeta e Vulcano di Roccamnfina (F. i 160-161-171-172), Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-140.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Bergomi, C., Valletta, M., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 148 Vasto, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-54.

Bertini, M., Centamore, E., Jacobacci, A., Nappi, G., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 82 Genova, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-68.

Bertini, M., D'Amico, C., Deriu, M., Girotti, O., Tagliavini, S., e Vernia, L., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 137 Viterbo, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-109.

Bertini, M., D'Amico, C., Deriu, M., Tagliavini, S., e Vernia, L., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 143 Bracciano, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-177.

Boenzi, F., Palmentola, G., Valduca, A., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 200 Tricarico, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-46.

Boenzi, F., Radina, B., Ricchetti, G., Valduga, A., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 201 Matera, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-48.

Boni, A., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 59 Pavia, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-68.

Boni, A., Braga, G., Gelati, R., Laureri, S., Papani, G., Petrucci, F., e Venzo, S., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 72 Fiorenzuola d'Arda, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-85.

Boni, A., Casnedi, R., 1970. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 69 e 70 Asti- Alessandria, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-64.

Bonsignore, G., Bortolami, Gc., Elter, G., Montrasio, A., Petrucci, F., Ragni, U., Sacchi, R., Sturani, C., & Zanella, E., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 56 e 57 Torino-Vercelli, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-96.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Bosellini, A., Carraro, F., Corsi, M., De Vecchi, G.P., Gatto, G.O., Malaroda, R., Sturani, C., Ungaro, S., e Zanettin, B., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 49 Verona, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-61.

Braga, Gp., Ragni, U., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 43 e 58 Novara Mortara, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-53.

Brandi, G.P., Dallan, L., Lazzarotto, A., Mazzanti, R., Squarci, P., Taffi, L., Trevisan, L., 1968. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 119 Massa Marittima, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-65.

Calabrese, L., Di Dio, G., 2009. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 180 "Salsomaggiore Terme". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-110, Roma.

Calabrese, L., Ceriani, A., 2009. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 181 "Parma Nord". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-76, Roma.

Calvino, F., 1972. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 227 Muravera, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia e Regione Autonoma della Sardegna, pp. 1-60.

Calvino, F., Dieni, I., Ferasin, F., Piccoli, G., 1972. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 195 Orosei, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia e Regione Autonoma della Sardegna, pp. 1-39.

Carapezza, M., D'Amico, C., Emiliani, F., Gandolfi, G., Gazzi, P., Montella, S., Paganelli, I., Simboli, G., 1972. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 194 Ozieri, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia e Regione Autonoma della Sardegna, pp. 1-40.

Carbone, S., Di Stefano, A., Lentini, F., 2005. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 506 "Sant'Arcangelo". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-116, Roma.

Carmignani, L., Conti, P., Pertusati, P., Barca, S., Cerbai, N., Eltrudis, A., Funedda, A., Oggiano, G., Patta, E.D., 2001. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 549 "Muravera". Servizio Geologico d'Italia, pp. 140, Roma.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Carraro, F., & Bortolami, G., Sacchi, R., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 43 Biella, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-74.

Carraro, F., Petrucci, F., & Tagliavini, S., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 68 Carmagnola, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-40.

Carta Geologica d'Italia, 1972. Foglio 636 "Agrigento", alla Scala 1:50.000, a cura dell'Ente Minerario Siciliano.

Castiglioni, G.B., & Pellegrini, G.B., 2001. Note illustrative della Carta Geomorfologica della Pianura Padana, Comitato Glaciologico Italiano, pp. 208.

Catalano, R., Avellone, G., Basilone, L., Gasparo Morticelli, M., Lo Cicero, G., 2010. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 608 "Caccamo". Servizio Geologico d'Italia, pp. 221, Roma.

Catalano, R., Avellone, G., Basilone, L., Contino, A., Agate, M., 2011. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 596-609 "Capo Plaia- Termini Imerese". Servizio Geologico d'Italia, pp. 224, Roma.

Catalisano, S., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 68 Carmagnola, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-21.

Cestari, G., 1951. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli (234-235) di Cagliari-Villasimius, Ministero dell'Industria e Commercio, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-26.

Cestari, G., Cirese, E., 1981. Carta geologica d'Italia alla scala 1:50000. Note illustrative del Foglio 332 "Scansano". Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Chiocchini, M., Manfredini, M., Manganelli, V., Nappi, G., Pannuzi, L., Tilia Zuccari, A., Zattini, N., 1975. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 138-144 Terni-Palombara Sabina, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-117.

Cibin, U., Stefani, M., 2009. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 187 "Codigoro". Servizio Geologico d'Italia, pp. 161, Roma.

Ciaranfi, N., Loiacono, F., Moretti, M., 2011. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 408 "Foggia". Servizio Geologico d'Italia, pp. 73, Roma.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Cocce, E., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 161 Isernia, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-38.

Comel, A., 1959. Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie- Fogli "S. Donà di Piave e Foce del Tagliamento", Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque, Sezione Geologica, pp.1-38.

Comel, A., 1956. Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie- Foglio "Pordenone", Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque, Sezione Geologica, pp.1-32.

Comel, A., 1958. Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie- Foglio "Palmanova", Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque, Sezione Geologica, pp.1-50.

Comizzoli, G., Gelati, R., e Passeri, L.D., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 45 e 46 Milano e Treviso, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-53.

Costantini, A., Decandia, F.A., Lazzarotto, A., Liotta, D., Mazzei, R., Pascucci, V., Salvatorini, G., Sandrelli, F., 2010. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 296 "Siena". Servizio Geologico d'Italia, pp. 129, Roma.

Costantini, A., Lazzarotto, A., Mazzanti, R., Mazzei, R., Salvatorini, G.F., & Sandrelli, F., 2002. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:50.000, Foglio 285, Volterra. Servizio Geologico d'Italia: pp. 153, Roma.

Cozzaglio, A., 1933. Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie- Fogli "Peschiera e Mantova", Ministero dei Lavori Pubblici- Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle Acque, Sezione Geologica, pp.1-73.

Crema, Gc., Dal Paz, G.V., Merlo, C., Zanella, E., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 78-79-90 Argentera-Dronero-Demont, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-93.

Dallan, L., Raggi, G., Squarci, P., Taffi, L., Trevisan, L., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 112 Volterra, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-70.

Damiani, A.V., 1998. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 376 "Subiaco". Servizio Geologico d'Italia, pp. 55, Roma.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Dela Pierre, F., Piana, F., Fioraso, G., Boano, P., 2003. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 157 "Trino". Servizio Geologico d'Italia, pp. 147, Roma.

Di Dio, G., Piccin, A., Vercesi, P.L., 2005. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 179 "Ponte dell'Olio". Servizio Geologico d'Italia, pp. 108, Roma.

Festa, A., Dela Pierre, F., Irace, A., Piana, F., Fioraso, G., Lucchesi, S., Boano, P., Forno, M.G., 2009. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 156 Torino Est. Servizio Geologico d'Italia, pp. 143, Roma.

Fontana, A., Bondesan, A., Meneghel, M., Toffoletto, F., Vitturi, A., Bassan, V., 2012. Note Illustrative Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000, Foglio 107 "Portogruaro", pp.187, Infocartografica, Piacenza.

Fontana, A., 2006. Evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e sue relazioni con le dinamiche insediative antiche. Edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale- Comune di Udine, pubblicazione n. 47, pp. 1-287.

Fontana, A., Mozzi, P., Marchetti, M., 2013. *Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps. Sedimentary Geology. In Press.*

Fontana, A., Mozzi, P., Bondesan, A., 2010. *Late Pleistocene evolution of the Venetian – Friulian Plain. Rend. Fis.Acc. Lincei, 21 (Suppl.1), pp. 181-196.*

Funedda, A., Carmignani, L., Patta, E.D., Uras, V., Conti, P., 2010. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 556 "Assemini". Servizio Geologico d'Italia, pp. 140, Roma.

Gentili, B., Lupia Palmieri, E., 2005. Note Illustrative della Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 389 "Anagni". Servizio Geologico d'Italia, pp. 87, Firenze.

Hieke Merlin, O., La Volpe, L., Nappi, G., Piccarreta, G., Redini, R., Santagati, G., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 186 e 187 S. Angelo de' Lombardi- Melfi, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-188.

Jacobacci, A., Bergomi, C., Centamore, E., Malatesta, A., Malferrari, N., martelli, G., Pannuzi, L., Zattini, N., 1970. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 115 "Città di Castello", 122 "Perugia", 130 "Orvieto", Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-151.

Jacobacci, A., Malatesta, A., Martelli, G., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 121 Montepulciano, Ministero dell'Industria, del

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-73.

Jacobacci, A., Martelli, G., e Nappi, G., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 129 S.Fiora, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-61.

Jacobacci, A., Malatesta, A., Martelli, G., Stampanoni, G., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 163 Lucera, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-48.

Largaiolli, T., Martinis, B., Mozzi, G., Nardin, M., Rossi, D., Ungaro, S., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 214 Gallipoli, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-64.

Lazzarotto, A., Sandrelli, F., Foresi, L.M., Mazzei, R., Salvatorini, G., Cornamusini, G. & Pascucci, V., 2002. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 295, Pomarance. Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-140, Roma.

Lipparini, T., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 77 Comacchio, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp.1-27.

Martinis, B., 1970. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 223 Capo S. Maria di Leuca, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-69.

Martinis, B., e Robba, F., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 202 Taranto, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-56.

Medioli, F., Papani, G., Petrucci, F., Venzo, S., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000-Foglio 73 Parma, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-66.

Merla, G., & Abbate, E., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 114 Arezzo, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-51.

Merla, G., & Bortolotti, V., e Passerini, P., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 113 Castelfiorentino, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-62.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Merla, G., Bortolotti, V., e Passerini, P., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 106 Firenze, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-61.

Merla, G., & Bortolotti, V., e Passerini, P., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 107 M. Falterona, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-52.

Merla, G., Ercoli, A., e Torre, D., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 164 Foggia, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-22.

Merla, G., e Ercoli, A., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 190 Monopoli, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-23.

Mostardini, F., Pieri, M., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 212 Montalbano Ionico, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-47.

Motta, S., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 128 Grosseto, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-78.

Oggiano, G., Cherchi, G.P., Aversano, A., Di Pisa, A., Ulzega, A., Orrù, P., Pintus, C., 2005. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 428 "Arzachena". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-144, Roma.

Ogniben, L., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 211 S.Arcangelo, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-80.

Papani, G., Petrucci, F., Venzo, S., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 74 Reggio nell'Emilia, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-26.

Pappone, G., Casciello, E., Cesarano, M., D'Argenio, B., Conforti, A., 2010. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 467 "Salerno". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-122, Roma.

Perno, U., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 123 Assisi, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-76.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Petrucchi, F., & Tagliavini, S., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 61 Cremona, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-43.

Pieri, P., Gallicchio, S., Moretti, M., 2012. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 407 "San Bartolomeo in Galdo". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-103, Roma.

Pieri, P., Sabato, L., Spalluto, L., Tropeano, M., 2012. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 438 "Bari". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-105, Roma.

Plesi, G., 2009. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 299 "Umbertide". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-143, Roma.

Rossi, D., 1969. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli 203, 204, 213 Brindisi- Lecce-Maruggio, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-42.

Sacco, F., 1935. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Fogli di Torino, Vercelli, Mortara, Carmagnola, Asti, Alessandria, Cuneo, Ceva, Genova N, e Voghera O., costituenti il Bacino Terziario del Piemonte, Ministero delle Corporazioni R.Ufficio Geologico, pp.1-85.

Scarsella, F., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 172 Caserta (in appendice Vulcano di Roccamonfina, Fogli 160-161-171-172, Bergomi, C., Manganelli, V.), Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-123.

Signorini, R., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 120 Siena, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-42.

Signorini, R., 1967. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 135 Orbetello, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-28.

Tosi, L., Rizzetto, F., Bonardi, M., Donnici, S., Serandrei Barbero, R., & Toffoletto, F., 2007. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 148- 149 "Chiggia-Malamocco". Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-164, Roma.

Trevisan, L., Brandi, G.P., Dallan, L., Nardi, R., Raggi, G., Rau, A., Squarci, P., Taffi, L., Tongiorgi, M., 1971. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000- Foglio 105 Lucca, Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-52.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Zanettin, B., 1955. Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie- Fogli "Venezia ed Adria", Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque, Sezione Geologica, pp.1-22.

Zanferrari, A., Avigliano, R., Fontana, A., & Paiero, G., 2008. Note illustrative della Carta Geologia d'Italia alla scala 1:50000, Foglio 087 "San Vito al Tagliamento". pp. 1-178. Graphic Linea, Tavagnacco, Udine.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



6 CE6 – ESCLUSIONE DELLE AREE UBICATE AD ALTITUDINE MAGGIORE DI 700 M S.L.M.

6.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE6 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree ubicate ad altitudine maggiore di 700 m s.l.m., specificando:

“Al di sopra di tale fascia altimetrica l'orografia è complessa e articolata, i versanti sono più acclivi e le precipitazioni meteoriche sono più abbondanti. I processi morfogenetici di tipo fluvio-denudazionale e gravitativi di versante sono più intensi con l'aumentare della quota.”

Tale criterio può essere ricondotto alle seguenti indicazioni generali IAEA riportate nella SSG-29 (2014): *“It should be verified that surface processes such as ... landslides or erosion do not occur with such frequency or intensity that they could affect the ability of the disposal system to meet safety requirements.”* e *“The meteorology of the site area should be characterized such that the effects of unexpected, extreme meteorological conditions can be adequately considered in the design and licensing of the disposal facility”*.

Si tratta di un criterio cautelativo che, escludendo le aree montane, tende a minimizzare significativamente la probabilità di accadimento nei territori potenzialmente idonei di fenomeni di instabilità dei versanti e di condizioni meteorologiche sfavorevoli.

Si evidenzia che la quota di 700 m corrisponde alla quota adottata da ISTAT (Istituto nazionale di statistica) per la separazione tra “collina” e “montagna” in Italia centrale e meridionale, nella definizione delle fasce altimetriche del territorio italiano. Nel rapporto “Italia in cifre 2011” (<http://www.istat.it/it/files/2011/03/Italia-in-cifre.pdf>) sono riportate le seguenti definizioni:

“Zone altimetriche: la montagna è caratterizzata dalla presenza di notevoli masse rilevate aventi altitudini non inferiori a 600 metri nel Nord e 700 metri nel Centro e nel Mezzogiorno; la collina è caratterizzata dalla presenza di diffuse masse rilevate aventi altitudini inferiori a 600 metri nel Nord e 700 metri nel Centro e nel Mezzogiorno; la pianura è caratterizzata dall'assenza di masse rilevate”.

6.2 APPLICAZIONE E DATI DI RIFERIMENTO

L'esclusione è stata realizzata al 1° livello di analisi su tutto il territorio nazionale, a partire dal modello digitale del terreno (*Digital Terrain Model* DTM) con risoluzione a 20 metri, disponibile sul sito del Geoportale Nazionale (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>).

Come specificato nei metadati associati, il DTM è stato realizzato mediante interpolazione dei seguenti dati:

- Curve di livello dell'archivio dell'Istituto Geografico Militare;
- Linee di costa del mare e dei laghi.

Il prodotto risultante è una matrice a passo regolare di 20 metri, i cui elementi (*pixel*) riportano i valori delle quote in metri sul livello del mare (s.l.m.) definite nel sistema di riferimento nazionale (mareografo di Genova).

Dal *file raster* del DTM è stato ricavato, mediante l'impiego del *Raster Calculator* di *ArcGis*, un *raster* delle aree con quota superiore ai 700 m s.l.m.. Il *raster* ottenuto è stato

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



successivamente convertito in formato vettoriale per poter eseguire l'operazione d'esclusione.

Nel corso del 4° livello di analisi è stato verificato a *monitor*, con l'ausilio di cartografia topografica (CTR scala 1:10000 o IGM scala 1:25000), che tutto il territorio delle aree non escluse fosse effettivamente a quote inferiori a 700 m s.l.m., effettuando locali riperimetrazioni ed esclusioni delle porzioni poste a quota superiore.

6.3 RISULTATI E CONCLUSIONI

In Fig. 6.3/1 è riportato il risultato dell'applicazione del criterio nel primo livello di analisi che ha determinato l'esclusione del 26% circa del territorio nazionale.

<p>Relazione Tecnica</p> <p>Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI</p>	<p>ELABORATO DN GS 00102</p> <p>REVISIONE 04</p>
---	--

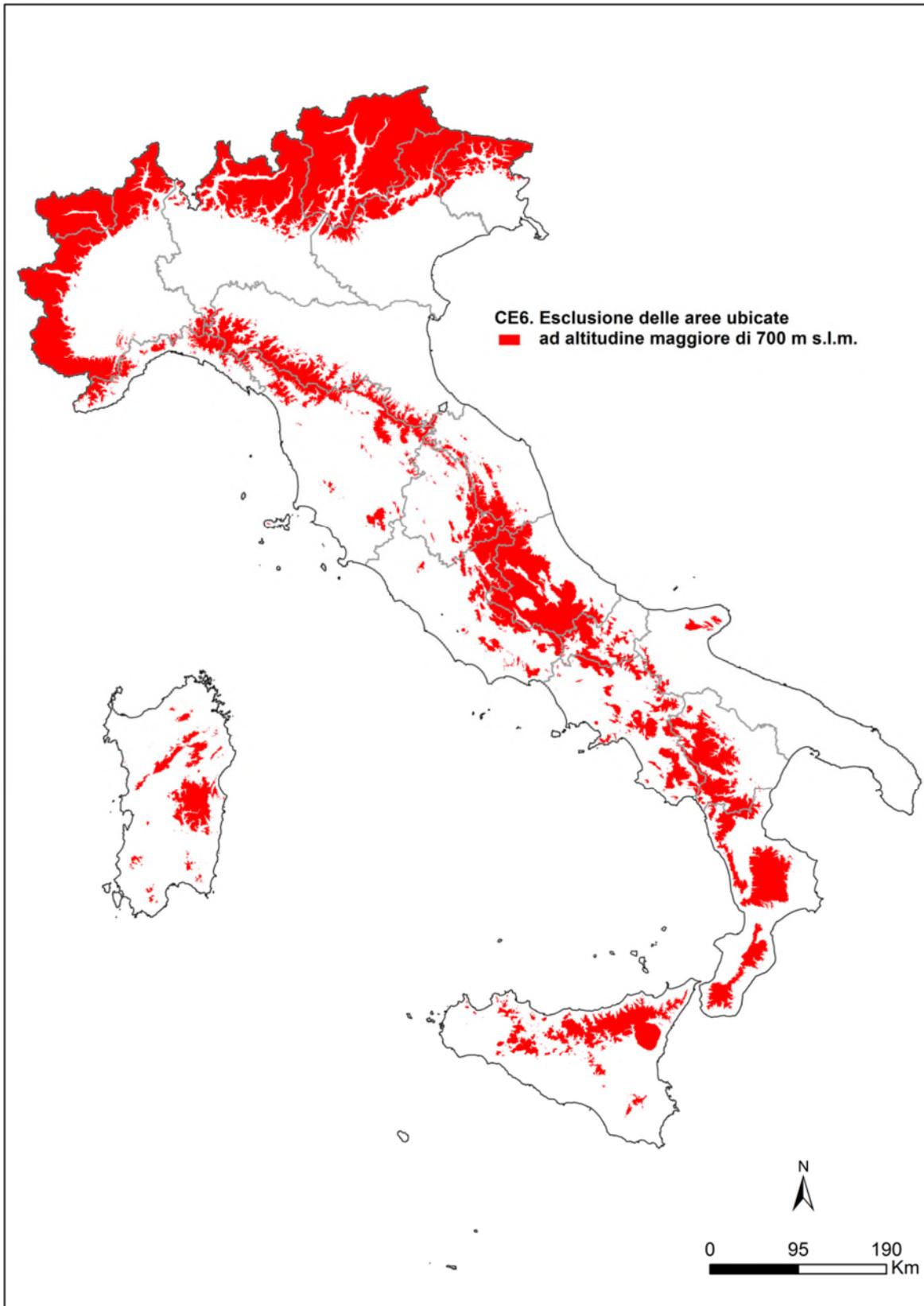


Fig. 6.3/1 – CE6. Esclusione di primo livello per l'intero territorio nazionale

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



7 CE7 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DA VERSANTI CON PENDENZA MEDIA MAGGIORE DEL 10%

7.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE7 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree caratterizzate da versanti con pendenza media maggiore del 10%, specificando:

“Tali versanti possono esporre il deposito a fenomeni di erosione superficiale, trasporto ed accumulo riferiti al dilavamento delle acque di precipitazione meteorica.”

Ed indicando in nota che:

“Per quanto riguarda i valori di pendenza e tutti gli altri criteri di tipo topografico si fa riferimento ad elaborazioni effettuate in ambito GIS che utilizzano come dati di base il Modello Digitale definito in tutto il territorio nazionale realizzato dall'Istituto Geografico Militare Italiano (IGM) o ritenuto equivalente.”

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“It should be verified that surface processes such as ... landslides or erosion do not occur with such frequency or intensity that they could affect the ability of the disposal system to meet safety requirements.”*

Si tratta di un criterio cautelativo che tende a minimizzare significativamente la probabilità di accadimento di fenomeni di erosione, trasporto, accumulo ed, in generale, di instabilità dei versanti.

Un concetto chiave per l'applicazione del criterio risiede nel significato che si può attribuire al termine “pendenza media” del versante. Infatti la complessità della naturale morfologia del territorio è tale da rendere molto variabili le “dimensioni” di un “versante” su cui poi calcolare eventualmente la pendenza media. In altre parole, esistono sia versanti montuosi o collinari sufficientemente uniformi ed estesi da rendere ovvio il concetto di pendenza media, ma anche versanti molto modesti di piccole scarpate, intervallati ad aree lievemente ondulate o sub-pianeggianti in cui evidentemente la scala di osservazione gioca un ruolo primario nel determinare il valore di pendenza media. Nel definire la scala di osservazione più adatta allo scopo, si è ritenuto di prendere come riferimento le dimensioni dell'area interessata dall'unità principale (unità di smaltimento) del Deposito Nazionale, che in via preliminare è costituita da un rettangolo 300x400 m circa.

Alcuni test di calcolo automatico della pendenza a partire dai modelli digitali del terreno disponibili (nazionali e regionali) hanno poi messo in evidenza che la risoluzione del DTM e le modalità di post-elaborazione (filtraggi) possono influire in modo significativo sull'estensione del territorio che verrebbe escluso/non escluso e sul suo grado di “frammentazione”. Infatti, poiché l'algoritmo di calcolo (vedi punto 7.2) restituisce un valore di pendenza per ciascuna cella del DTM, l'utilizzo di una cella piccola (es. 10x10 m) consente da un lato di esaminare il territorio in dettaglio ma al contempo, in alcune situazioni morfologiche, genera una eccessiva frammentazione del territorio con un risultato difficilmente utilizzabile ai fini di una corretta applicazione del criterio. D'altro canto l'utilizzo di una cella grande (es. 250x250 m) riduce la frammentazione ma può far “perdere” elementi morfologici importanti (si vedano anche le figure al punto 7.3).

In base a numerosi test analoghi è stato possibile stabilire che l'applicazione dell'esclusione in un unico momento dell'analisi avrebbe potuto portare o ad una ingiustificata esclusione di porzioni di territorio molto frammentate oppure ad esclusioni

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



grossolane poco aderenti alla realtà fisica. Come descritto in dettaglio nel punto 7.3 si è pertanto ritenuto di effettuare l'esclusione in due livelli distinti dell'analisi, la prima a livello nazionale utilizzando un basso dettaglio ma con l'accortezza di minimizzare le esclusioni, la seconda a livello di singole aree utilizzando DTM di dettaglio e operando esclusioni "manuali" sulla base del confronto tra diverse elaborazioni di diversi DTM e con la cartografia topografica.

7.2 METODI MATEMATICI ED ALGORITMI PER IL CALCOLO DELLA PENDENZA

La pendenza topografica è una misura del rateo di cambiamento della quota in una direzione qualsiasi del piano. In particolare, la pendenza massima in ogni punto della superficie topografica è riferita alla direzione in cui la variazione di quota è massima (Fig. 7/1).

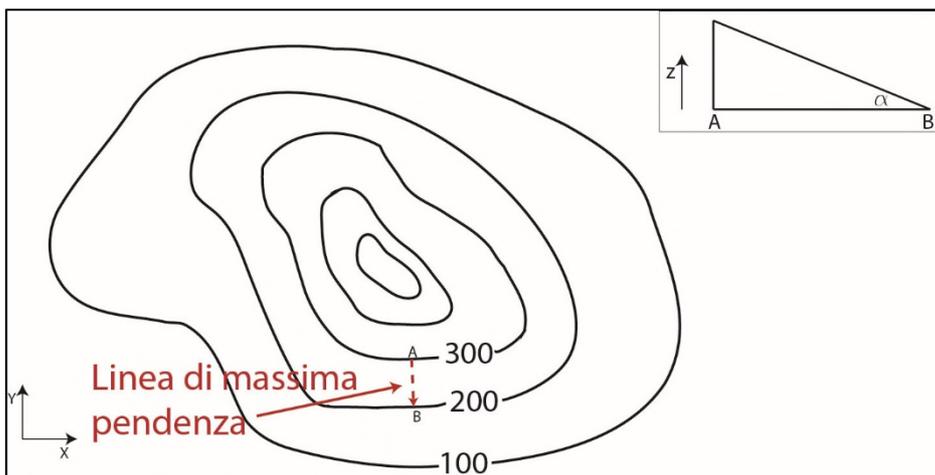


Figura 7/1 – Pendenza topografica

È possibile definire il concetto di pendenza in modo più rigoroso. Considerata una superficie topografica nello spazio, modellizzata da un funzione differenziabile di due variabili $z(x,y)$, il suo rateo di cambiamento lungo una qualsiasi direzione individuata dal vettore $\hat{u} = a \cdot \hat{i} + b \cdot \hat{j}$, di componenti (a, b), è espresso dalla derivata direzionale di z lungo \hat{u} :

$$\frac{dz}{du}(x, y) = D_u z(x, y) = z_x(x, y) \cdot a + z_y(x, y) \cdot b$$

dove:

$$z_x(x, y) = \left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{y=\cos t} \quad \text{e} \quad z_y(x, y) = \left. \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{x=\cos t}$$

Il massimo rateo di variazione di z è ricavato sulla base del teorema di seguito riportato (Steward, teorema 15 par.14.6).

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Data una funzione differenziabile di due variabili $z(x,y)$, il valore massimo della sua derivata direzionale $D_u z(x,y)$ è pari al modulo del vettore gradiente $|\nabla z(x,y)|$ e si verifica lungo la direzione del vettore gradiente $\nabla z(x,y)$, espresso come:

$$\nabla z(x,y) = \bar{grad} z = z_x(x,y) \cdot \hat{i} + z_y(x,y) \cdot \hat{j}$$

Dai teoremi sopra riportati segue che, data una funzione $z(x,y)$ che modella la topografia, il vettore rateo di massima variazione in un punto qualsiasi $p_0=(x_0,y_0)$ del dominio (Fig. 7/2) è pari a:

$$\bar{m}ax\left(\frac{dz}{du}(p_0)\right) = \nabla z(p_0)$$

con modulo:

$$\left|\bar{m}ax\left(\frac{dz}{du}(p_0)\right)\right| = |\nabla z(x_0,y_0)| = |z_x(x_0,y_0) \cdot \hat{i} + z_y(x_0,y_0) \cdot \hat{j}| = \left|\frac{\partial z}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial z}{\partial y} \hat{j}\right|_{p_0} = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \Bigg|_{p_0}$$

(1)

e direzione lungo il versore \hat{u} di componenti $\left(\frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}\right)$.

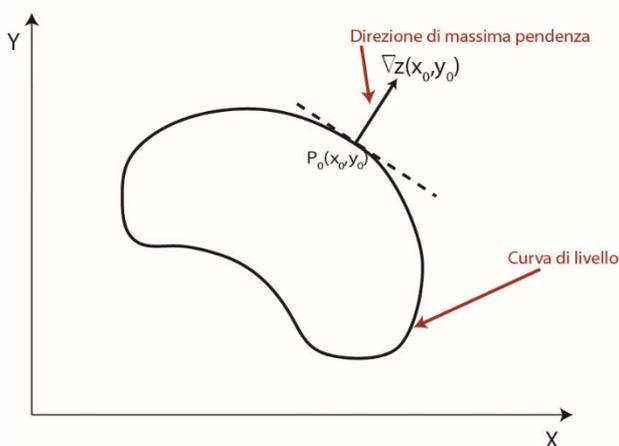


Figura 7/2 – Vettore gradiente di quota

Nelle applicazioni territoriali non si è in grado di definire una funzione analitica per la superficie topografica e quindi la (1) viene risolta con metodi numerici. In queste applicazioni la topografia è schematizzata con un modello discreto (DTM) e la pendenza massima viene determinata utilizzando operazioni numeriche locali.

In letteratura sono stati proposti diversi metodi per il calcolo della pendenza massima a partire dal DTM. I metodi più diffusi sono quelli basati sulle tecniche alle differenze finite (Sharpnack and Akin, 1969; Horn, 1981; Ritter, 1987).

Esistono diversi studi comparativi (Skidmore, 1989; Srinivasan and Engel, 1991; Hodgson, 1995; Jones, 1998; Liu, 2002; Schmidt et al, 2003; Zhou and Liu, 2004) in cui vengono messi a confronto alcuni dei metodi proposti; da tali studi non emerge in modo netto la maggiore precisione di un algoritmo rispetto agli altri, sebbene in diversi lavori

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



(Srinivasan and Engel, 1991; Liu, 2002) il metodo di Ritter e quello di Horn, siano considerati tra i più affidabili.

Nel metodo di Ritter, che non è implementato nei software GIS (*Geographic Information System*) più diffusi, la pendenza massima α_{max} della cella p_0 è ricavata mediante una discretizzazione alle differenze finite centrate con accuratezza del 2° ordine, che usa una finestra di 4 celle attorno p_0 (Fig. 7/3):

$$\tan(\alpha_{max}) = \nabla z(p_0) = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \Bigg|_{p_0}$$

con:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{Z_{p_3} - Z_{p_1}}{2 \cdot h}$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{Z_{p_2} - Z_{p_4}}{2 \cdot h}$$

Avendo indicato con h il passo di discretizzazione (o risoluzione) del DTM.

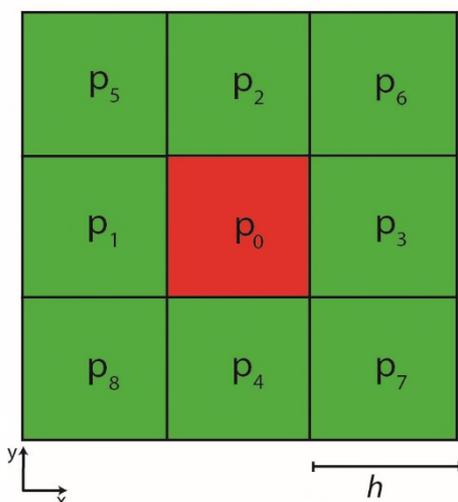


Figura 7/3 – Intorno di celle del DTM per il calcolo della pendenza massima α_{max} in p_0

Nei software GIS (*Geographic Information System*) di più largo uso, viene implementato il metodo proposto da Horn; si tratta di una variante del metodo alle differenze finite centrate del secondo ordine, che nel calcolo prende in considerazione una finestra di otto celle (Fig. 7/3) e usa, per ciascuna direzione, una media ponderata di tre differenze finite centrate:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{(Z_{p_7} - Z_{p_8}) + 2 \cdot (Z_{p_3} - Z_{p_1}) + (Z_{p_6} - Z_{p_5})}{8 \cdot h}$$

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



$$\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{(Z_{x_5} - Z_{x_8}) + 2 \cdot (Z_{x_2} - Z_{x_4}) + (Z_{x_6} - Z_{x_7})}{8 \cdot h}$$

Il metodo di Horn genera uno *smoothing* delle pendenze, riducendo l'influenza di eventuali valori anomali (errori locali o *outliers*) presenti nella finestra di calcolo. Mentre il metodo di Ritter, utilizzando solo 4 delle 8 celle poste nella finestra locale, è più sensibile ad errori o imprecisioni del DTM. In definitiva, il metodo di Ritter, certamente più efficiente dal punto di vista computazionale, dà risultati leggermente migliori quando il DTM di partenza è molto accurato.

Di seguito (Fig. 7/4) si riporta un semplice esempio, con dati tratti dalla documentazione di ArcGIS, per mostrare come viene calcolata la pendenza di una cella di un DTM.

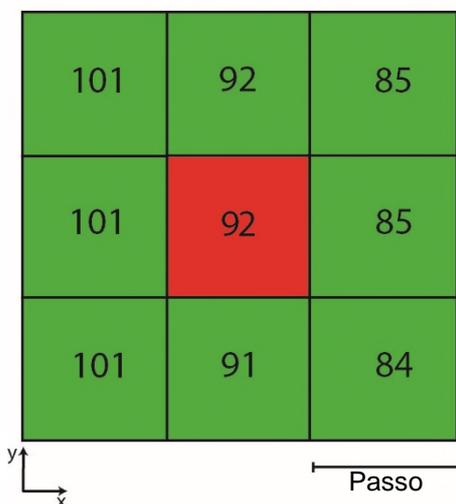


Figura 7/4. Esempio di calcolo della pendenza massima di una cella.

Calcolo con il metodo di Ritter:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{85 - 101}{2 \cdot 1} = -8$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{92 - 91}{2 \cdot 1} = 0.5$$

$$\tan(\alpha_{\max}) = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} = \sqrt{(-8)^2 + 0.5^2} = 8.0156$$

da cui:

$$\alpha_{\max} = \arctan(8.0156) = 82.9^\circ$$

La direzione di massima pendenza è pari a $\hat{u} = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \hat{i}, \frac{\partial z}{\partial y} \hat{j} \right) = (-8\hat{i} + 0.5\hat{j})$, da cui si ricavano

i coseni direttori del versore \hat{u} :

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



$$\cos (ux) = \frac{-8}{\sqrt{-8^2 + 0.5^2}} = -0.998$$

$$\cos (uy) = \frac{0.5}{\sqrt{-8^2 + 0.5^2}} = 0.0624$$

e quindi l'*azimut* della direzione di \hat{u} è pari a 273.72° (misurata da Nord in senso orario).

Calcolo con il metodo di Horn:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{(84 - 101) + 2 \cdot (85 - 101) + (85 - 101)}{8 \cdot 1} = -8.125$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{(101 - 101) + 2 \cdot (92 - 91) + (85 - 84)}{8 \cdot 1} = 0.375$$

$$\tan(\alpha_{\max}) = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} = \sqrt{(-8.125)^2 + 0.375^2} = 8.133$$

da cui:

$$\alpha_{\max} = \arctan(8.133) = 83^\circ$$

La direzione di massima pendenza è pari a $\hat{u} = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \hat{i}, \frac{\partial z}{\partial y} \hat{j}\right) = (-8.125 \hat{i} + 0.365 \hat{j})$, da cui si

ricavano i coseni direttori del versore \hat{u} :

$$\cos (ux) = \frac{-8.125}{\sqrt{-8.125^2 + 0.365^2}} = -0.999$$

$$\cos (uy) = \frac{0.365}{\sqrt{-8.125^2 + 0.365^2}} = 0.0449$$

e quindi l'*azimut* della direzione di \hat{u} è pari a 272.56° (misurata da Nord in senso orario).

Per le elaborazioni effettuate ai fini dell'applicazione del criterio, è stato utilizzato il *software ArcGis 10* che implementa il metodo di Horn, ritenuto adeguato all'accuratezza dei DTM disponibili.

7.3 APPLICAZIONE NEL PRIMO LIVELLO DI ANALISI

Preliminarmente al calcolo dell'esclusione nel primo livello di analisi, sono stati svolti alcuni test e valutazioni sui modelli digitali del terreno disponibili per tutto il territorio nazionale allo scopo di scegliere la base dati più idonea.

I DTM disponibili sono i seguenti:

- DTM con risoluzione a 20 m IGM
- DTM con risoluzione a 40 m MATTM.
- DTM con risoluzione a 30 m Nasa.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Considerando che per ciascuno di essi l'accuratezza del modello è in ogni caso piuttosto variabile da zona a zona, che quello della Nasa non risulta collaudato per il territorio italiano, si è ritenuto che il DTM a 20 IGM sia da preferire; esso è inoltre quello suggerito in nota dalla stessa GT 29.

Il DTM è disponibile sul sito del Geoportale Nazionale (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>) attraverso il servizio WCS (*Web Coverage Service*). Il DTM è stato realizzato mediante interpolazione dei seguenti dati:

- curve di livello dell'archivio dell'Istituto Geografico Militare;
- linee di costa del mare e dei laghi.

Il prodotto risultante è una matrice a passo regolare di 20 metri, i cui elementi (*pixel*) riportano i valori delle quote in metri sul livello del mare (s.l.m), definite nel sistema di riferimento nazionale (mareografo di Genova).

Come accennato nell'introduzione, nel primo livello di analisi l'elaborazione tramite GIS è stata condotta in modo da escludere le aree montuose e collinari con presenza di estesi versanti morfologici aventi pendenza superiore al 10%, cercando nel contempo di evitare l'esclusione delle aree ai margini di aree pianeggianti o caratterizzate solo localmente da versanti di modeste dimensioni con pendenze superiori al 10%.

L'analisi è stata eseguita operando, sul DTM a 20 metri, quattro elaborazioni numeriche in successione:

1. Le celle a 20 m sono state aggregate in nuove celle con risoluzione minore, di 100 m; per ciascuna cella 100x100 m, il valore di quota è stato ottenuto dalla media aritmetica delle quote delle 25 celle di partenza. In tal modo le quote sono state smussate, eliminando gli *hotspots*, ossia le forti variazioni locali di quota, che interessano piccole aree (inferiori all'ettaro). La dimensione 100x100 m è d'altra parte considerata la massima accettabile per determinare la pendenza media dell'area interessata dall'unità principale del Deposito Nazionale, che, come sopra accennato, è costituita da un rettangolo 300x400 m circa.
2. Calcolo dei valori di pendenza per ciascuna cella 100x100 m, mediante l'algoritmo *Slope* del *software ArcGis*, che prende in considerazione le quote delle 8 celle circostanti (punto 7.2).
3. Al *file* delle pendenze, è stato applicato un filtro passa basso (*low-pass filter*), allo scopo di regolarizzare ulteriormente il risultato, eliminando le numerose celle isolate o i piccoli *cluster* di celle, che generano modeste discontinuità nelle aree selezionate e che possono essere trascurate nella 1° fase d'analisi.
4. Selezione delle celle la cui pendenza associata è superiore al 10% e conversione del *raster* ottenuto in formato vettoriale, delimitando il territorio da escludere.

Si evidenzia che con tale procedimento risulta escluso circa il 56% del territorio nazionale (fig. 7/1).

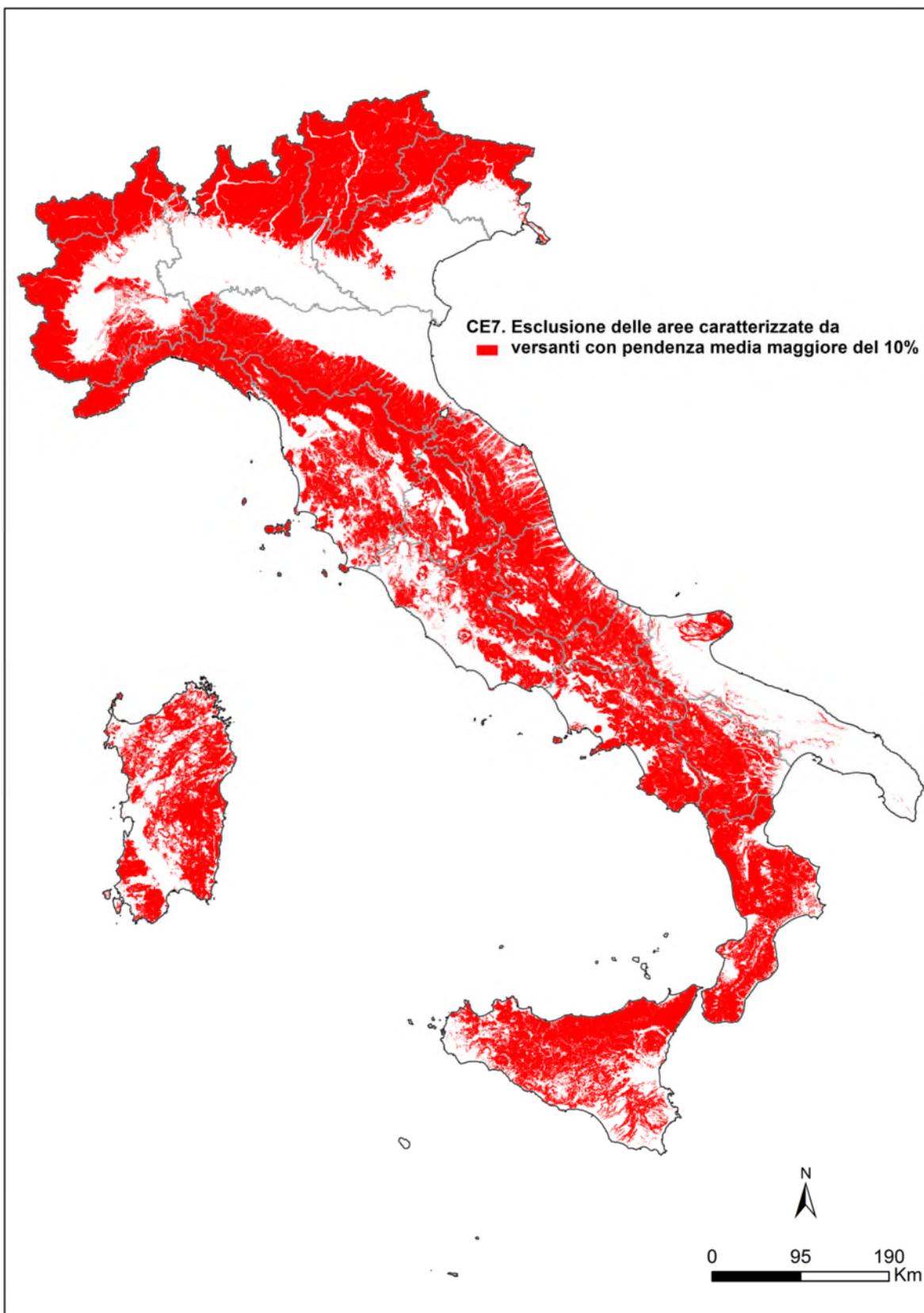


Figura 7/1 – CE7. Esclusione di primo livello per l'intero territorio nazionale

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Nelle seguenti figure 7/2 e 7/3 si fornisce un esempio di applicazione dei due livelli di analisi in successione che spiegano graficamente la procedura seguita.

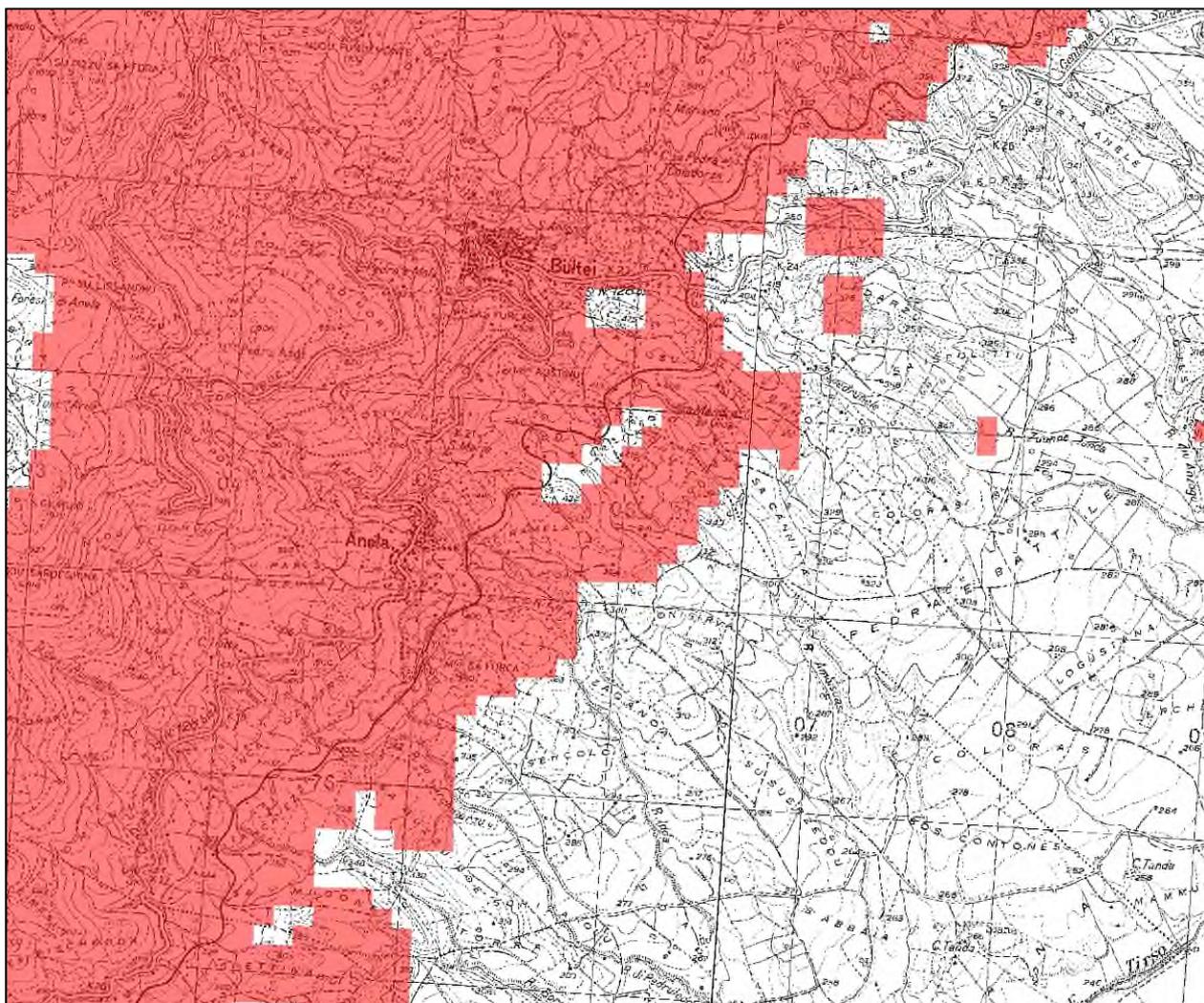


Figura 7/2 – Esempio di applicazione del primo livello di analisi in un’area campione (base topografica IGM 1:25.000 non in scala). In rosso l’area esclusa utilizzando celle 100x100 m mediante la procedura descritta nel testo

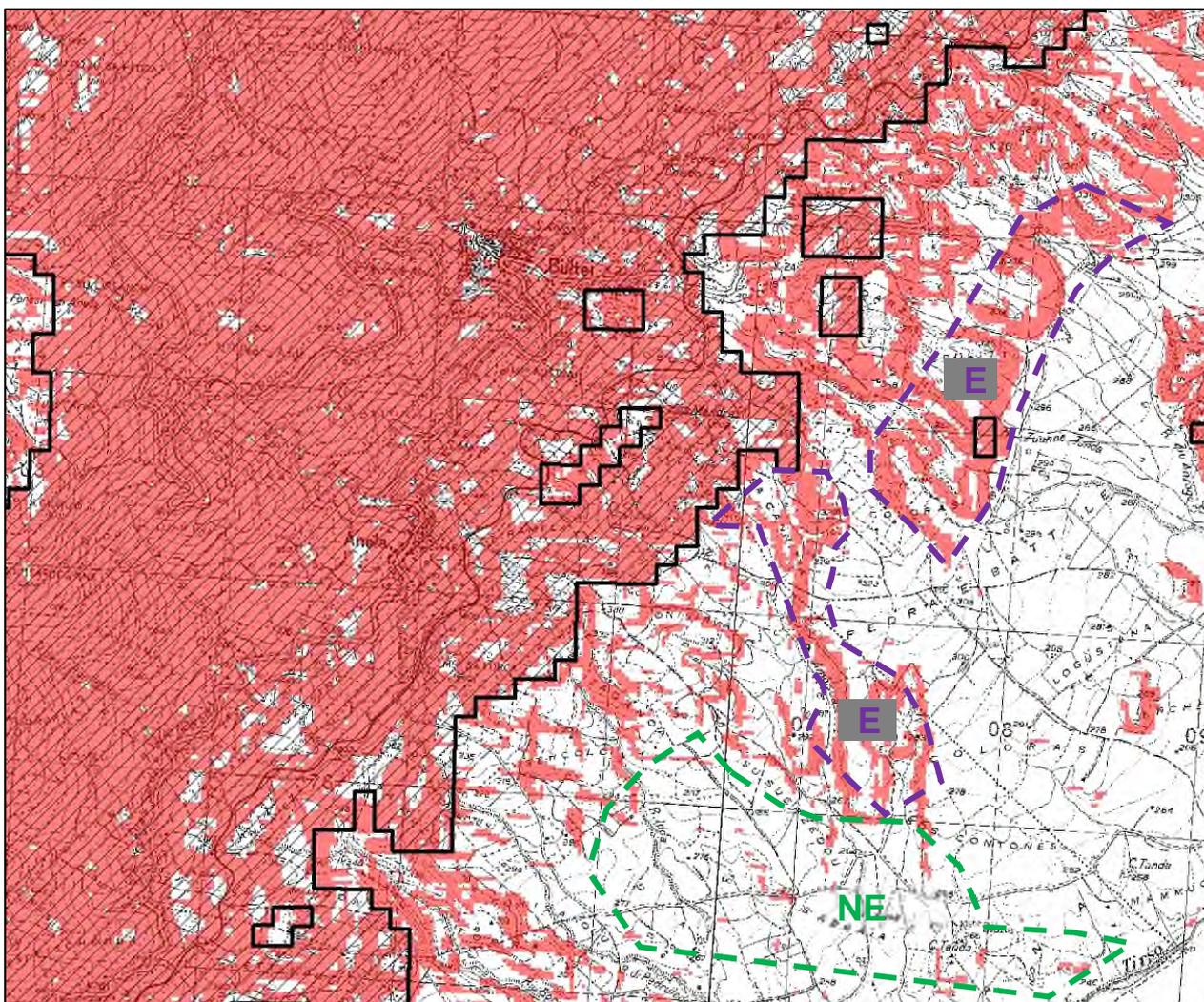


Figura 7/3 – Esempio di applicazione del quarto livello di analisi nella stessa area campione della figura precedente (base topografica IGM 1:25.000 non in scala). In rosso le aree con pendenza > 10% calcolate utilizzando celle 20x20 m, con sovrapposta (in rigato nero) l'esclusione di primo livello della precedente figura 7/2. Nell'ipotesi di trovarsi in un'area non esclusa dai precedenti livelli, nel quarto livello si opera manualmente l'esclusione, ad esempio, delle zone indicate con E, mentre non si escludono le piccole aree >10% comprese nel poligono di esempio indicato in verde con NE. Si noti che le aree bianche (<10%) all'interno dell'area esclusa nel primo livello sono tutte di dimensioni troppo ridotte per poter essere prese in considerazione come aree potenzialmente idonee (necessari almeno 1,5 km²) e che pertanto l'elaborazione di primo livello può essere ritenuta appropriata allo scopo del presente lavoro

7.4 APPLICAZIONE NEL QUARTO LIVELLO DI ANALISI

Come sopra accennato, il secondo momento di applicazione del criterio è stato svolto a scala locale nel 4° livello di analisi soltanto per le aree non escluse risultanti dai primi tre livelli del *siting*. Il suo scopo è stato quello di verificare, in dettaglio, la presenza di versanti con pendenze superiori al 10% con l'ausilio dei migliori dati disponibili per ciascuna area, procedendo eventualmente ad escluderli in tutto o in parte, oppure lasciando inclusi

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



nell'area versanti di dimensioni modeste, eventualmente rimodellabili artificialmente o che comunque potranno essere valutati in dettaglio nelle successive fasi di localizzazione. Tali verifiche sono state svolte manualmente in ambiente GIS, utilizzando il DTM a 20 m IGM sopra citato ma consultando anche alcuni DTM regionali disponibili:

- Regione Piemonte: DTM con risoluzione a 10 m
- Regione Emilia Romagna: DTM con risoluzione a 5 m
- Regione Toscana: DTM con risoluzione a 10 m
- Regione Puglia: DTM con risoluzione a 8 m
- Regione Sardegna: DTM con risoluzione a 10 m

Le verifiche sono state inoltre svolte tenendo sempre come sfondo le carte topografiche disponibili (1:25.000 IGM o CTR 1:10.000 regionali) allo scopo di confrontare i valori numerici dei modelli con le rappresentazioni cartografiche.

Un ulteriore ausilio per questa fase di verifica è consistito nella consultazione, come sfondo, di una carta tematica appositamente calcolata riprodotte l'andamento dell'indice MRVBF (*Multiresolution Valley Bottom Flatness* - Gallant and Dowling, 2003), un indice che consente una più chiara identificazione delle porzioni di territorio ad andamento pianeggiante.

L'indice MRVBF è stato sviluppato come parametro per discriminare tra regioni deposizionali e regioni in erosione e può essere utilizzato a supporto dell'identificazione di valli, intese come aree relativamente piatte e basse rispetto alle zone circostanti.

L'MRVBF è in grado di identificare le aree pianeggianti a partire da un'indagine a scala multipla basata su un criterio di pendenza.

Questo indice supera i limiti di valutazioni che in genere si basano su fattori morfometrici associati alle singole celle e che, inevitabilmente, evidenziano caratteristiche a piccolissima scala che però dipendono da elementi spuri presenti nel modello altimetrico o dalla presenza di morfologie a grande scala non rappresentative delle caratteristiche morfologiche locali. Questo algoritmo, in particolare, esegue una ricerca a multipla scala delle aree caratterizzate da un valore soglia di pendenza che viene impostato dall'utente. La procedura è basata sulla progressiva generalizzazione del DEM combinata con una graduale riduzione di tale valore soglia. I risultati di questa ricerca multiscale vengono poi combinati in un unico indice rappresentativo dell'area. Le valli vengono distinte da altre aree che presentano significativi valori di rottura della pendenza.

L'indice MRVBF è stato utilizzato come supporto alla valutazione della morfologia delle aree ed è stato calcolato utilizzando il *Software Open Source SAGA*.

7.5 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

L'attività di aggiornamento dei dati utilizzati per la realizzazione della CNAPI, avvenuta a partire da dicembre 2015, ha consentito di individuare nuove CTR e DTM regionali utili per eventuali modifiche. Tali aggiornamenti, per il criterio di esclusione CE7, hanno determinato talvolta parziali ripermetrazioni di Aree Potenzialmente Idonee, avolte in combinazione con l'applicazione del criterio CE4.

Gli aggiornamenti rilevati sono di seguito elencati:

- La regione Lazio a partire dal 2017 ha reso disponibili la CTR a scala 1:5000 e il DTM con risoluzione a 5 m.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- La regione Basilicata a partire dal 2016 ha reso disponibili la CTR a scala 1:5000 e il DTM con risoluzione a 5 m

7.6 BIBLIOGRAFIA

Gallant J. C., Dowling T. I. (2003) - *A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas. Water resources research, vol. 39, no. 12, 1347, doi: 10.1029/2002WR001426, 2003.*

Hodgson M.E. (1995) – *What cell size does the computed slope/aspect angle represent?. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 61: 513–517.*

Horn B.K.P. (1981) - *Hill shading and the reflectance map. Proceedings of IEEE, 69(1):14–47.*

Jones K.H. (1998) - *A comparison of algorithms used to compute hill slope as a property of the DEM. Computers & Geosciences 24: 315–323.*

Liu X.J. (2002) - *Analysis and Evaluation of Error of Interpreting Algorithm Based on Regular Grid Digital Elevation Model. Ph.D. thesis, Wuhan University, Wuhan, China (in Chinese).*

Ritter, P. (1987). *A vector-based slope and aspect generation algorithm. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53:1109–1111.*

Schmidt, J., Evans, I.S., and Brinkmann, J. (2003) *Comparison of polynomial models for land surface curvature calculation. International Journal of Geographic Information Science 17: 797–814.*

Sharpnack, D.A. and Akin, G. (1969). *An algorithm for computing slope and aspect from elevations. Photogrammetric Survey, 35:247–248.*

Skidmore, A.K. (1989). *A comparison of techniques for calculating gradient and aspect from a gridded digital elevation model. International Journal of Geographical Information System, 4:323–334.*

Srinivasan, R., and Engel, B.A. (1991) *Effect of slope prediction methods on slope and erosion estimates. Applied Engineering in Agriculture 7: 779–783.*

Stewart, J. (2002). *Calculus. Brooks Cole, 5th edition (December 24, 2002)*

Zhou, Q. and Liu, X.J.. (2004). *Error Analysis on Grid-Based Slope and Aspect Algorithms. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 70, No. 8, August 2004, pp. 957–962.*

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



8 CE8 – ESCLUSIONE DELLE AREE SINO ALLA DISTANZA DI 5 KM DALLA LINEA DI COSTA ATTUALE OPPURE UBICATE A DISTANZA MAGGIORE MA AD ALTITUDINE MINORE DI 20 M S.L.M.

8.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE8 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree sino alla distanza di 5 km dalla linea di costa attuale oppure ubicate a distanza maggiore ma ad altitudine minore di 20 m s.l.m., specificando:

“Queste aree possono essere soggette ad ingressioni marine; sono, inoltre, caratterizzate dalla presenza di falde acquifere superficiali e di cunei salini, foci e delta fluviali, dune, zone lagunari e palustri. Gli effetti corrosivi del clima marino possono avere un impatto sulla resistenza alla degradazione delle strutture del deposito. Le aree in prossimità della costa sono, in generale, turistiche e densamente abitate.”

Tale criterio può essere ricondotto a diverse indicazioni generali IAEA riportate nella SSG-29 (2014) attinenti sia a fenomeni fisici che alle interferenze antropiche. In particolare possono essere citati i seguenti punti:

- *“The disposal site should be generally well drained and free of areas of flooding or frequent ponding.”*
- *“In the consideration of the likely chemical interactions within the disposal system, the following should be evaluated:*
 - *Corrosive action of groundwater on the engineered barriers; ...”*
- *“The site should be located so that activities carried out by present, or future, generations at or near the site will not be likely to affect the isolation capability of the disposal system.”*
- *“Future uses of the land in the vicinity of the proposed site should be evaluated for any potential impact on the operation and performance of the disposal facility. The impact of the disposal facility’s operation on the future use of the land in the vicinity of the proposed site should also be evaluated.”*
- *“Consideration should be given to avoiding areas of high population density.”*

Si tratta di un criterio cautelativo che tende a minimizzare significativamente la probabilità di accadimento di fenomeni legati ad eventi estremi di origine marina (risalite improvvise del livello marino per condizioni meteo estreme o per tsunami), futuri cambiamenti climatici (aumento del livello medio marino). Vengono inoltre escluse le aree aventi maggiore probabilità di presentare condizioni idrogeologiche sfavorevoli (falde superficiali e/o saline) e di risultare di particolare interesse turistico od antropico in generale.

8.2 APPLICAZIONE E DATI DI RIFERIMENTO

L'esclusione è stata realizzata al 1° livello di analisi su tutto il territorio nazionale, combinando le due parti del criterio.

La prima parte relativa alla distanza dalla costa, è stata realizzata utilizzando i dati relativi ai limiti amministrativi non generalizzati, disponibili sul portale dell'ISTAT ricavandone la linea di costa ed applicando poi un *buffer* di 5 km.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



La seconda parte relativa alla quota è stata realizzata a partire dal modello digitale del terreno (*Digital Terrain Model DTM*) con risoluzione a 20 metri, disponibile sul sito del Geoportale Nazionale (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>) attraverso il servizio WCS (*Web Coverage Service*).

Il DTM risulta realizzato mediante interpolazione dei seguenti dati:

- curve di livello dell'archivio dell'Istituto Geografico Militare;
- linee di costa del mare e dei laghi.

Il prodotto risultante è una matrice a passo regolare di 20 metri, i cui elementi (*pixel*) riportano i valori delle quote in metri sul livello del mare (s.l.m.) definite nel sistema di riferimento nazionale (mareografo di Genova).

Dal *file raster* del DTM è stato ricavato, mediante l'impiego del *Raster Calculator* di *ArcGis*, un *raster* delle aree con quota inferiore a 20 m s.l.m.. Il *raster* ottenuto è stato successivamente convertito in formato vettoriale per poter eseguire l'operazione d'esclusione.

Nel corso del 4° livello di analisi è stato verificato a *monitor*, con l'ausilio di cartografia topografica (CTR scala 1:10000 o IGM scala 1:25000), che tutto il territorio delle aree non escluse fosse effettivamente a quote superiori a 20 m s.l.m., effettuando locali ripermetrazioni ed esclusioni delle porzioni poste a quota inferiore.

8.3 RISULTATI E CONCLUSIONI

In Fig. 8/1 è illustrato il risultato dell'applicazione del criterio nel primo livello di analisi, che determina l'esclusione del 14% circa del territorio nazionale.

Si evidenzia come tale criterio porti ovviamente all'esclusione di tutte le isole minori e si nota che l'effetto d'esclusione della quota 20 m risulta significativo nella bassa pianura padano-veneta, oltre che in diverse pianure costiere, ove tale limite si spinge all'interno molto oltre i 5 km dalla costa.



Figura 8/1 - Esclusione delle aree poste a distanza inferiore a 5 km dalla linea di costa attuale e delle aree ubicate ad altitudine minore di 20 m s.l.m

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



9 **CE9 – ESCLUSIONE DELLE AREE INTERESSATE DAL PROCESSO MORFOGENETICO CARSIICO O CON PRESENZA DI SPROFONDAMENTI CATASTROFICI IMPROVVISI (SINKHOLES)**

9.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE9 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree interessate dal processo morfogenetico carsico o con presenza di sprofondamenti catastrofici improvvisi (*sinkholes*), specificando:

“Il processo morfogenetico carsico genera un'elevata permeabilità per fratturazione e una sviluppata circolazione idrica sotterranea. Eventuali crolli delle volte di cavità carsiche ipogee possono avere risentimenti sino in superficie.

Le aree con presenza di sprofondamenti catastrofici improvvisi sono rappresentate nel Database Nazionale dei Sinkholes.”

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The geology of the disposal site should contribute to the isolation of waste and the limitation of release of radionuclides to the biosphere. It should also contribute to the stability of the disposal system and should provide sufficient volume and favourable properties (geological, mechanical, geochemical, hydrogeological, etc.) for disposal. Preference should be given to sites with a uniform and predictable geology, which can be readily characterized through geological investigative techniques.”*

Considerato che il presupposto fondamentale perché si impostino fenomeni carsici, oltre che l'abbondanza di precipitazioni meteoriche, è la presenza di rocce solubili, si è ritenuto di applicare tale criterio mediante la cautelativa esclusione di tutte le porzioni del territorio nazionale caratterizzate dall'affioramento di questa tipologia di rocce. Per quanto concerne gli sprofondamenti catastrofici, si è fatto riferimento al *Database Nazionale dei Sinkholes* (ISPRA).

9.2 APPLICAZIONE NEL 1° LIVELLO DI ANALISI

Le analisi relative all'applicazione del criterio CE9 sono state condotte a partire dal 1° livello, data la disponibilità per l'intero territorio nazionale della carta litologica vettoriale a scala 1:100.000 realizzata da ISPRA sulla base della digitalizzazione della Carta Geologica d'Italia.

Per uniformità con gli altri strati informativi, il *file* vettoriale fornito nel *datum* ED50, è stato riproiettato in WGS84. Sono state quindi identificate tutte le formazioni costituite da rocce solubili che potrebbero essere interessate da processi morfogenetici carsici ipo-epigei o sede di fenomeni di crollo improvvisi (*sinkholes*). Per fare questo è stata effettuata una *query* a scala nazionale sul *file* vettoriale della carta litologica, al fine di rilevare i litotipi potenzialmente soggetti a dissoluzione, per i quali si è proceduto ad una estrazione dei relativi poligoni ed alla loro esclusione.

Si è proceduto all'esclusione delle aree caratterizzate dalla presenza di rocce idrosolubili in affioramento quali:

- Calcari
- Calcari marnosi

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- Dolomie
- Dolomie metamorfiche
- Evaporiti
- Marmi
- Rocce residuali (come indicatore di processi di dissoluzione in atto o avvenuti)
- Travertini
- Complessi calcareo-arenacei

Per quanto riguarda i fenomeni di *sinkholes*, è stato applicato, nel 1° livello di analisi un preliminare *buffer* di 100 metri agli elementi contenuti nello *shapefile* perché indicati con punti, rimandando al 5° e 6° livello di analisi la valutazione dell'effettiva estensione dei singoli fenomeni eventualmente ancora presenti nei pressi delle aree non escluse.

9.3 APPLICAZIONE NEL 5° E 6° LIVELLO DI ANALISI

Le analisi di 5° livello hanno previsto una fase di verifica della presenza di rocce idrosolubili nelle immediate vicinanze e nell'immediato sottosuolo delle aree non escluse unitamente alla verifica della presenza di eventuali segnalazioni di forme carsiche, seguendo il seguente schema operativo:

- analisi dei dati disponibili a livello nazionale;
- analisi dei dati disponibili a livello regionale e sub-regionale;
- analisi di dati bibliografici;
- segnalazione di elementi da verificare nel corso dei successivi rilievi speditivi sul campo (6° livello).

Nel 6° livello di analisi le rimanenti aree non escluse sono state oggetto di controlli più dettagliati utilizzando, laddove disponibili, cartografie geologiche a grande scala ed effettuando mirati sopralluoghi in campo anche in base alle sopra citate segnalazioni del 5° livello.

In base alle analisi di 5° e 6° livello sono state effettuate riperimetrazioni ed esclusioni di porzioni di aree non escluse, interessate da elementi ritenuti rilevanti per l'applicazione del criterio.

9.4 DATI DI RIFERIMENTO

9.4.1 Generalità

Nel corso delle analisi di 1° e 5° livello relative al criterio CE9, si è fatto riferimento sia a dati territoriali disponibili all'interno del *database* Sogin SIDEN (Sistema Informativo DEposito Nazionale, doc. Sogin DN GS 00196), sia a nuovi dati provenienti dal Geoportale Nazionale e da quelli delle singole regioni.

Per quanto riguarda i nuovi dati, in alcuni casi è stato possibile reperire e utilizzare dati in formato vettoriale che, opportunamente convertiti, sono stati inseriti nel SIDEN congiuntamente ai dati disponibili *on-line* e consultabili mediante servizio *wms*. In altri

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



casi è stato possibile solo consultare la cartografia in formato *raster* (ad esempio alcune carte geologiche del progetto CARG), opportunamente georeferenziate.

In alcuni casi, sono state consultate pubblicazioni scientifiche e studi di dettaglio allo scopo delineare i caratteri geologici generali dei settori di territorio in cui sono comprese le aree.

Di seguito vengono riportate le principali fonti dati utilizzate, distinte tra quelle disponibili per l'intero territorio nazionali e quelle regionali o locali

9.4.2 Dati Nazionali

- ISPRA – Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000
- ISPRA – Carta Geolitologica d'Italia in scala 1:100.000
- ISPRA – Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (*raster* di nuova acquisizione forniti da ISPRA) – consultazione on line della Carta
- Servizi *WMS* del Geoportale Nazionale
- ISPRA – Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (legge 464/84) - Servizio *WMS* accessibile dal Portale del Servizio Geologico d'Italia e *shapefile* fornito da ISPRA
- ISPRA – Database nazionale dei *sinkholes*;
- Analisi immagine da ortofoto (consultazione *on line* e da banca dati SIDEN) e *Google Earth* associate al *file* kmz delle aree non escluse.

9.4.3 Dati Regionali

- *Regione Piemonte*
 - Fogli geologici in scala 1:100.000:
 - 56 – Torino
 - 57 – Vercelli
 - 58 – Mortara
 - 68 – Carmagnola
 - 69 – Asti
 - 70 – Alessandria
 - Fogli geologici in scala 1:50.000:
 - 155 – Torino ovest (consultazione on-line ISPRA)
 - 156 – Torino est (consultazione on-line ISPRA)
 - 157 – Trino (consultazione on-line ISPRA)
 - 194 – Acqui Terme (*raster* georiferito)
 - Geoportale della regione (<http://www.geoportale.piemonte.it/cms/>)
 - Catasto grotte nazionale WISH (<https://speleo.it/catastogrotte/>)
 - Sezioni geologiche/idrostratigrafiche della Pianura Padana Occidentale (CNR in collaborazione con Regione Piemonte)
 - CTR in scala 1:10.000 (geoportale Regione Piemonte)
 - Analisi pregresse del Politecnico di Torino (*file* "Relazione_faseC_PoliTO")

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- *Regione Emilia-Romagna*
 - Fogli geologici in scala 1:100.000:
 - 60 – Piacenza
 - 72 – Fiorenzuola d’Arda
 - 73 – Parma
 - Fogli geologici in scala 1:50.000:
 - 179 – Ponte dell’Olio (*raster* georiferito)
 - 180 – Salsomaggiore Terme (*raster* georiferito)
 - Cartografia geologica a scala 1:10.000 e 1:50.000 da geoportale Emilia-Romagna (<http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/mappe/informazioni-geoscientifiche/geologia>)
 - WMS “Cavità Naturali Puntuali”
 - Analisi pregresse del Politecnico di Torino (*file* “Relazione_faseC_PoliTO”)

- *Regione Toscana*
 - Fogli geologici in scala 1:100.000:
 - 112 – Volterra
 - 120 – Siena
 - 121 – Montepulciano
 - 128 – Grosseto
 - Geoscopio_wms SPELEOLOGIA (http://www502.regione.toscana.it/cartografia/wmsraster/com.rt.wms.RTmap/wms?map=wmsspeleologia&map_resolution=91&language=ita&), wms fornito da Regione Toscana-SITA (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale), riportante gli ingressi grotte regionali
 - Sezioni geologiche scala 1:25.000 (<http://www.lamma.rete.toscana.it/territorio/geologia/informazioni-di-base/banche-dati-carte-geologiche#schemisezioni>)
 - Analisi pregresse dell’Università Roma 3 (*file* “Relazione_faseC_RM3”)

- *Regione Lazio*
 - Fogli geologici in scala 1:100.000:
 - 129 – Santa Fiora
 - 136 – Tuscania
 - 137 – Viterbo
 - 143 – Bracciano
 - 144 – Palombara Sabina
 - Fogli geologici in scala 1:50.000:
 - 344 – Tuscania (*raster* georiferito)
 - 353 – Montalto di Castro (*raster* georiferito)
 - 354 – Tarquinia (*raster* georiferito)
 - Carta geologica vettoriale scala 1:25.000 Regione Lazio
 - Analisi pregresse dell’Università Roma 3 (*file* “Relazione_faseC_RM3”)
 - Approfondimenti bibliografici:

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- Mancini M., Girotti O. & Cavinato G.P. (2003-2004). *Il Pliocene e il Quaternario della Media Valle del Tevere (Appennino Centrale)*. *Geologica Romana* 37: 175-236
- Pubblicazioni della Federazione Speleologica del Lazio (<http://www.speleo.lazio.it/GROTTA/pubblicazioni.php>)

– *Regione Basilicata*

- Fogli geologici in scala 1:100.000:
 - 188 – Gravina di Puglia
 - 189 – Altamura
 - 201 – Matera
 - 212 – Montalbano Ionico
- Fogli geologici in scala 1:50.000:
 - 471 – Irsinia (*raster georiferito*)
- Carta litologica e dei carbonati vettoriali, fornite dal servizio *wms* della Regione (<http://rsdi.regione.basilicata.it/geoserver/wms>)
- Analisi pregresse del Politecnico di Bari (*file* “Relazione_faseC_PoliBA”)

– *Regione Puglia*

- Fogli geologici in scala 1:100.000:
 - 163 – Lucera
 - 164 – Foggia
 - 188 – Gravina di Puglia
 - 189 – Altamura
 - 201 – Matera
 - 202 – Tarano
 - 203 – Brindisi
 - 214 – Gallipoli
 - 223 – S. Maria di Leuca
- Fogli geologici in scala 1:50.000:
 - 407 – S. Bartolomeo Galdo (*raster georiferito*)
 - 408 – Foggia (*raster georiferito*)
 - 421 – Ascoli Satriano (*raster georiferito*)
 - 422 – Cerignola (*raster georiferito*)
- Catasto delle grotte e cavità artificiali
- Carta geologia vettoriale a scala 1:25.000 della Regione
- Analisi pregresse del Politecnico di Bari (*file* “Relazione_faseC_PoliBA”)

– *Regione Sicilia*

- Fogli geologici in scala 1:100.000:
 - 248 – Trapani
 - 257 – Castelvetro
 - 259 – Termini Imerese
 - 265 – Mazara del Vallo
 - 267 – Canicattì

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- 268 – Caltanissetta
 - 271 – Agrigento
 - 272 – Gela
 - Fogli geologici in scala 1:50.000:
 - 609 – Termini Imerese (consultazione *on-line* ISPRA)
 - 636 – Agrigento (consultazione *on-line* ISPRA)
 - 593 – Castellammare (*raster* georiferito)
 - 605 – Paceco (*raster* georiferito)
 - 608 – Caccamo (*raster* georiferito)
 - 631 – Caltanissetta (*raster* georiferito)
 - *File* kml riportante i punti di ingresso di grotte siciliane (<http://www.openspeleo.org/openspeleo/waypoints.html>)
 - Analisi pregresse dell'Università di Siena (*file* "Relazione_faseC_UniSI")
- *Regione Sardegna*
- Fogli geologici in scala 1:100.000:
 - 167 – Isola Rossa
 - 179 – Porto Torres
 - 180 – Sassari
 - 192 – Alghero
 - 193 – Bonorva
 - 194 – Ozieri
 - 195 – Orosei
 - 205 – C. Mannu
 - 208 – Dorgali
 - 216 – C. S. Marco
 - 218 – Isili
 - 219 – Lanusei
 - 224 – C. Pecora
 - 226 – Mandas
 - 227 – Muravera
 - 233 – Carbonia
 - 234 – Cagliari
 - 235 – Villasimius
 - Fogli geologici in scala 1:50.000:
 - 428 – Arzachena (consultazione *on-line* ISPRA)
 - 459 – Sassari (*raster* georiferito)
 - 528 – Oristano (*raster* georiferito)
 - 540 – Mandas (*raster* georiferito)
 - 541 – Jerzu (*raster* georiferito)
 - 547 – Villacidro (*raster* georiferito)
 - 548 – Senorbì (*raster* georiferito)
 - 549 – Muravera (*raster* georiferito)
 - 556 – Assemini (*raster* georiferito)
 - 557 – Cagliari (*raster* georiferito)
 - Carta geologia vettoriale a scala 1:25.000 della Regione

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



- Geoportale della Regione Sardegna
- *File* kml del catasto grotte Regione Sardegna
- Analisi pregresse dell'Università di Siena (*file* "Relazione_faseC_UniSI").

9.5 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

Negli anni successivi alla prima preparazione della CNAPI è stata periodicamente monitorata l'eventuale pubblicazione di nuova cartografia geologica che poteva potenzialmente modificare la delimitazione di formazioni carbonatiche. Inoltre sono state monitorate eventuali modifiche al database dei sinkholes. È stato verificato che nessuna modifica riguardante il presente criterio è intervenuta nell'ambito, o nelle immediate vicinanze, delle Aree Potenzialmente Idonee.

9.6 RISULTATI E CONCLUSIONI

L'analisi effettuata a livello nazionale nel primo livello ha portato all'esclusione del 21% circa del territorio (Fig. 9/1).

Per quanto riguarda i successivi livelli di analisi, in linea generale, nonostante la mancanza di carte geomorfologiche specifiche (in particolar modo quelle orientate all'individuazione e rilevamento di morfologie carsiche), l'utilizzo di dati a diversa scala di dettaglio ha quasi sempre consentito una ricostruzione schematica piuttosto chiara del modello geologico di sottosuolo nelle aree non escluse, permettendo di individuare e valutare i rapporti giacitureali tra le formazioni caratterizzate da litotipi idrosolubili adiacenti le aree non escluse e i terreni affioranti nelle aree stesse.

Solo in pochi casi si è verificata una mancanza di informazioni tale da rendere difficile effettuare una valutazione delle aree non escluse al 5° livello d'analisi e in questi casi sono state raccolte informazioni a scala locale. La verifica puntuale dell'assetto litostratigrafico nelle aree potenzialmente idonee potrà essere effettuata solo a valle delle indagini delle successive fasi del processo di localizzazione.

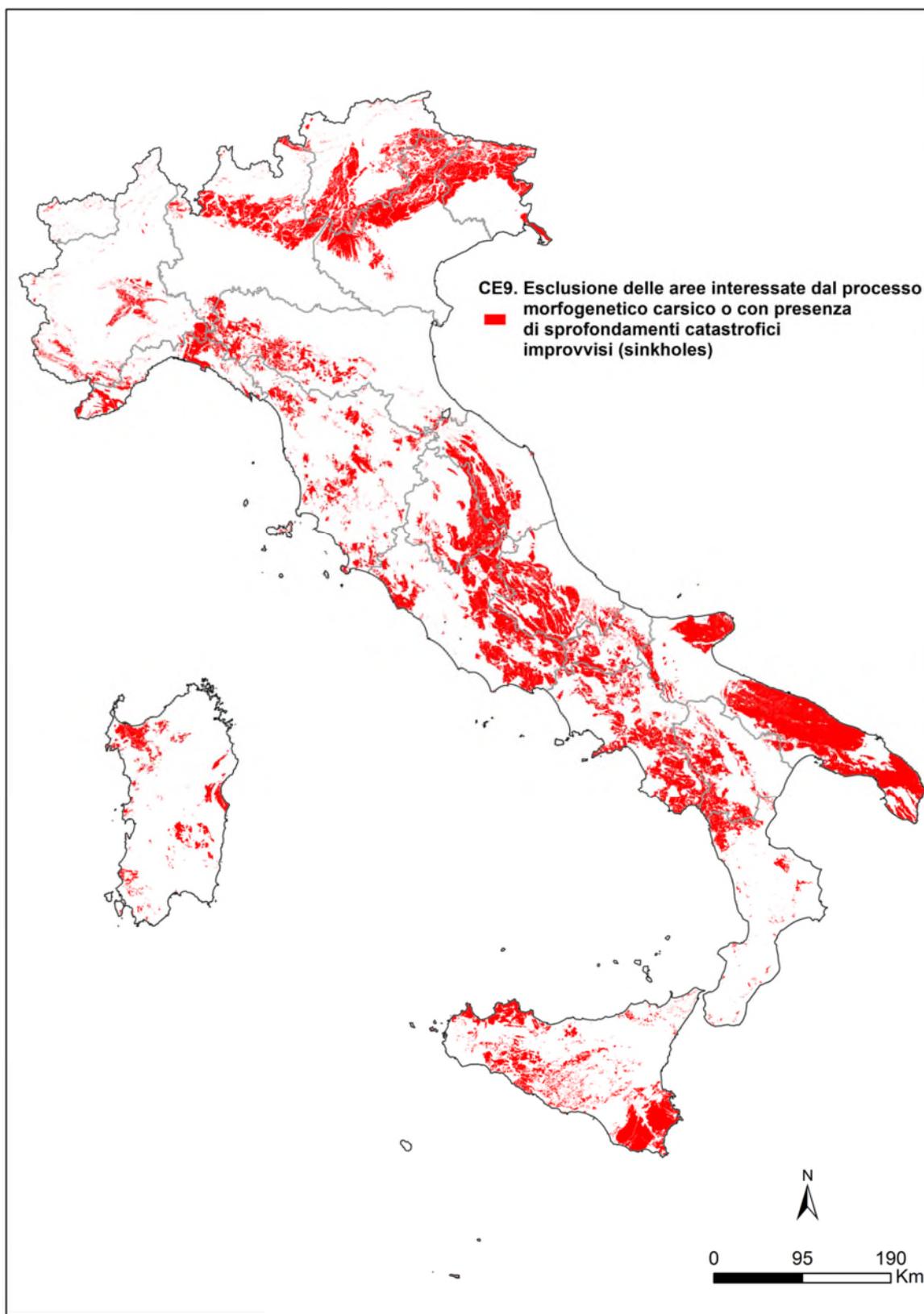


Figura 9/1 - Esclusione di primo livello delle aree interessate dal processo morfogenetico carsico o con presenza di sprofondamenti catastrofici improvvisi (*sinkholes*)

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



10 CE10 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DA LIVELLI PIEZOMETRICI AFFIORANTI O CHE, COMUNQUE, POSSANO INTERFERIRE CON LE STRUTTURE DI FONDAZIONE DEL DEPOSITO

10.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE10 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree caratterizzate da livelli piezometrici affioranti o che, comunque, possano interferire con le strutture di fondazione del deposito, specificando:

“La prossimità di acque del sottosuolo, nelle loro variazioni di livello stagionali e non stagionali conosciute, può ridurre il grado di isolamento del deposito e favorire fenomeni di trasferimento di radionuclidi verso la biosfera. Per lo stesso motivo sono da escludere le aree con presenza di sorgenti e di opere di presa di acquedotti.”

Tale criterio può essere ricondotto alle seguenti indicazioni generali IAEA riportate nella SSG-29 (2014):

“The geology of the disposal site should contribute to the isolation of waste and the limitation of release of radionuclides to the biosphere. It should also contribute to the stability of the disposal system and should provide sufficient volume and favourable properties (geological, mechanical, geochemical, hydrogeological, etc.) for disposal.”

“The hydrogeological characteristics of the host site should include low groundwater flow paths and long flow paths in order to restrict the migration of radionuclides. Expected changes in important hydrogeological conditions (e.g. gradient) due to natural events and the construction of the disposal facility should be evaluated. Preference should be given to sites with a simple geological setting that could make characterizing or modelling of the hydrogeological system easy and reliable.”

Le linee guida IAEA individuano i principali caratteri idrogeologici che costituiscono requisito di idoneità per le aree considerate nel processo di selezione: in generale, risultano idonei settori di territorio con caratteristiche tali da limitare la possibilità di contatto tra materiale radioattivo e acque sotterranee, che siano facilmente caratterizzabili consentendo la modellazione del sistema idrogeologico e per i quali sia agevole valutare eventuali modifiche del regime idrogeologico indotte da eventi naturali e dalla costruzione del deposito.

Per un'analisi anche preliminare del territorio riguardo tali tematiche sono necessari dati geologici ed idrogeologici di un certo dettaglio. Tali dati, per loro natura, non sono disponibili in modo omogeneo per l'intero territorio nazionale. Pertanto si è ritenuto di effettuare l'applicazione principale di questo criterio negli ultimi livelli di analisi (5° e 6°), avendo solo in quella fase la possibilità di raccogliere dati per il ridotto territorio delle aree non escluse dai precedenti livelli.

L'unico aspetto attinente tale criterio per il quale si è ritenuto di operare esclusioni nel 1° livello di analisi è quello riguardante la presenza degli specchi d'acqua interni, i cui dati sono disponibili a livello nazionale. Infatti la presenza sia di laghi naturali che di bacini artificiali, oltre ovviamente a costituire essa stessa un affioramento delle acque sotterranee, può comportarne livelli di soggiacenza molto ridotti nelle vicinanze, soprattutto in caso di sponde a lieve inclinazione.

Le indicazioni contenute nell'enunciato del criterio e nella nota esplicativa, hanno costituito la base teorico-metodologica per l'impostazione delle attività svolte invece negli

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



ultimi livelli di analisi; sono state stabilite le procedure di verifica da eseguire per ogni area non escluse dai precedenti livelli (includere procedure di *editing* sullo *shapefile* delle aree non escluse).

In linea generale si è proceduto all'esclusione di aree (o settori d'area) per le quali fosse evidente la presenza di falda acquifera affiorante (risaie, aree umide, palustri, ecc.) o in corrispondenza di punti di emersione della falda (sorgenti puntuali, lineari); è stata inoltre elaborata una procedura per escludere le aree con presenza di sorgenti captate a scopo idropotabile e/o opere di presa di acquedotti.

Nei successivi paragrafi, dopo una breve descrizione del processo generale di selezione adottato, vengono descritte in dettaglio le procedure adottate per l'applicazione del criterio CE10 ed elencati i dati territoriali (cartografici, normativi, ecc.) cui si è fatto riferimento per l'analisi e la verifica delle aree.

10.2 APPLICAZIONE

10.2.1 Analisi di 1° livello

Come sopra accennato, nel corso dell'analisi di 1° livello, l'unica esclusione applicabile a livello nazionale è stata quella relativa ai corpi idrici superficiali interni, i cui dati sono disponibili sul Geoportale Nazionale e scaricati tramite il servizio WFS.

Essi sono schematizzati da elementi poligonali, appartenenti al DBPrior10K, con una tabella di attributi associata contenente le seguenti informazioni:

- NOME: informazione, non sempre presente, relativa al nome allo specchio d'acqua;
- ORIGINE: codice della fonte d'origine del dato spaziale ('0', '1', '2', '3', '4', '5', '99');
- DESCRIZION: fonte d'origine del dato spaziale ('Non codificato', 'Da dati SIT', 'Da CTR', 'Da ortofoto', 'Da dati ISTAT', 'Da altra fonte', 'Da verificare');
- NATURA SPECCHIO D'ACQUA: indica la natura dello specchio d'acqua (bacino artificiale, canale/fosso, lago, laguna, non codificato, stagno/palude);
- AREA_mq: area, espressa in m², dello specchio d'acqua;
- PERIMETRO_m: perimetro, espresso in metri, dello specchio d'acqua.

Tra tutte le *features* poligonali disponibili, sono state selezionate solo quelle con superficie superiore a 1500 m²; a queste ultime è stato applicato cautelativamente un *buffer* di esclusione di 300 metri per tenere conto, in via preliminare, della possibile emersione della falda acquifera superficiale nelle immediate vicinanze del lago. Per la scelta di tale distanza si è ritenuto utile fare riferimento al D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 legge 6 luglio 2002, n. 137" che stabilisce all'art. 142 c. 1, lett. b) che sono tutelati per legge "*i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi*".

Nel corso dell'analisi di 5° livello, per ognuna delle aree rimanenti, sono state verificate queste prime esclusioni consentendo, in alcuni casi, il reintegro di alcuni settori d'area (vedi oltre).

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



10.2.2 Analisi di 5° livello

Per quanto riguarda le analisi di quinto livello, la procedura applicativa segue il seguente schema operativo organizzato per fasi:

1. analisi dei dati disponibili a livello nazionale;
2. analisi dei dati disponibili a livello regionale e sub-regionale;
3. analisi di dati bibliografici;
4. individuazione degli elementi rilevanti ai fini della stima dei livelli piezometrici e della ricostruzione schematica del modello di circolazione idrica sotterranea;
5. avvio della fase di *editing* con delimitazione delle porzioni d'area (o delle aree) da escludere (o includere nel caso degli specchi d'acqua);
6. inserimento delle note per le "aree non escluse" risultanti: elementi di attenzione e indicazioni per i rilievi speditivi sul campo.

Tale approccio, applicato a tutte le aree in modo sistematico, ha condotto ad esclusioni areali di seguito riassunte schematicamente:

- settori con falda evidentemente affiorante: zone paludose, acquitrinose, risaie, aree umide, aree di bonifica, ecc.;
- sorgenti puntuali non captate a scopo idropotabile: punti di emersione della falda acquifera (*livello piezometrico affiorante*); sono state valutate, caso per caso, le caratteristiche della sorgente (in rapporto alla topografia, alla geometria dei corpi acquiferi, ecc.) procedendo ad esclusione di settori d'area più o meno estesi circostanti la sorgente;
- sorgenti lineari: in presenza di tratti di alveo drenante che attraversano aree non escluse, sono state valutate le caratteristiche della circolazione idrica sotterranea (in rapporto alla topografia, alla geometria dei corpi acquiferi, ecc.) procedendo ad esclusione di settori d'area più o meno estesi lungo il tratto d'alveo;
- sorgenti e pozzi che alimentano le reti acquedottistiche per la distribuzione dell'acqua potabile: nei casi in cui è nota e ben individuabile la presenza di uno o più punti di captazione della rete acquedottistica, è stato applicato un *buffer* di esclusione circolare di raggio $r = 200$ m centrato sul punto di captazione; si individua così un'area esclusa corrispondente alla "zona di rispetto" definita nell'articolo 94 (*Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano*) del D.Lgs. 152/2006 (*Norme in materia ambientale*): *la zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata [...].*

Per la definizione delle aree di salvaguardia di pozzi e sorgenti – come sottolineano anche le normative e linee guida regionali – possono essere applicati diversi criteri (*geometrico, cronologico, idrogeologico*) basati su gradi crescenti di conoscenza del sistema idrogeologico locale; tutte le normative (nazionali e regionali) concordano sull'applicazione *iniziale* del criterio geometrico per tracciare le aree di salvaguardia, associando alla zona di rispetto, circolare e centrata sull'opera di captazione, un raggio di 200 m.

Secondo la normativa citata: *nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività: [...]*

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive.
Sulla base di tale evidenza normativa, in questa fase di *screening*, è stata adottata l'esclusione della zona di rispetto tracciata utilizzando il criterio geometrico.

Per tutti i pozzi e le opere di captazione sub-superficiale non destinate all'uso idropotabile (uso irriguo, domestico, industriale, ecc.), la disponibilità di informazioni relative alle caratteristiche dell'opera e alla circolazione idrica sotterranea (profondità, stratigrafia schematica, livello della falda acquifera, presenza di più circolazioni idriche sovrapposte, portata emunta, uso dell'acqua, ecc.) ha costituito la base per una valutazione speditiva del modello idrogeologico di sottosuolo – fornendo indicazioni importanti in alcuni casi riportati nelle note – ma non ha condotto ad esclusioni correlate con la presenza del punto di captazione.

Per quanto concerne la verifica degli specchi d'acqua interni di superficie maggiore di 1500 m² esclusi al 1° livello (la cui esclusione intersechi le aree sottoposte a verifica di 5° livello), in tutti i casi in cui è stato possibile verificare con certezza la totale assenza di relazione tra bacino lacustre e circolazione idrica sotterranea (ad es.: laghetti a uso irriguo in aree argillose o con rivestimento artificiale/geomembrana), si è potuto procedere al reintegro di porzioni d'area producendo un nuovo *record* "area aggiunta" all'interno dello *shapefile* per il quale è stato specificato il motivo del reinserimento; nei casi dubbi è stata segnalata la necessità di una verifica al livello successivo di *screening* sul campo.

10.2.3 Analisi di sesto livello

Nel corso delle analisi effettuate nel 6° livello per le aree non escluse dai precedenti livelli, sono stati raccolti ulteriori dati di maggior dettaglio riguardanti essenzialmente:

- Livelli piezometrici da misure in pozzo o da banche dati disponibili localmente
- Captazioni acquedottistiche
- Sorgenti puntuali e lineari

Sulla base di tali analisi sono state effettuate ripermetrazioni di aree e in qualche caso esclusioni di intere aree, in caso di presenza di elementi ritenuti rilevanti per l'applicazione del criterio.

10.3 DATI DI RIFERIMENTO

10.3.1 Generalità

Nel corso delle analisi di 5° livello, si è fatto riferimento sia a dati territoriali già inseriti e disponibili all'interno del SIDEN (Sistema Informativo DEposito Nazionale, Doc Sogin DN GS 00196) sia a nuovi dati che è stato possibile reperire e utilizzare ai fini della verifica relativa ai livelli piezometrici e alla circolazione idrica sotterranea.

Per quanto riguarda i nuovi dati, in alcuni casi è stato possibile reperire e utilizzare dati in formato vettoriale che sono stati inseriti in SIDEN congiuntamente ai dati disponibili online e consultabili mediante servizio *wms*. In altri casi è stato possibile solo consultare

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



cartografia in formato *raster* (ad esempio, la cartografia associata alla maggior parte degli strumenti di pianificazione territoriale a livello regionale e comunale) e dati in forma tabellare (in alcuni casi trasformati in dati vettoriali e inseriti in SIDEN).

In molti casi, sono state consultate pubblicazioni scientifiche e studi di dettaglio allo scopo delineare i caratteri idrogeologici generali dei settori di territorio in cui sono comprese le aree.

Nel seguito, viene riportato un elenco di tutti i dati principali utilizzati nella fase di applicazione del criterio CE10, divisi in “dati nazionali” (cartografia e/o banche dati estese a tutta Italia) e in “dati regionali” (comprendendo, per ogni regione, anche gli eventuali dati sub-regionali: province, comuni, studi di dettaglio, ecc.); per i dati non precedentemente inseriti in SIDEN viene inoltre specificata la fonte del dato.

10.3.2 Dati Nazionali

- I.G.M. – Carta Topografica d'Italia – Tavolette in scala 1:25.000 – Servizio WMS accessibile da *Geoportale Nazionale* (<http://www.pcn.minambiente.it/GN/>)
- ISPRA – Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000
- ISPRA – Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – ove disponibile – consultazione *on line* della Carta e delle Note Illustrative
- ISPRA – Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (legge 464/84) - Servizio WMS accessibile dal Portale del Servizio Geologico d'Italia (<http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/main/home.page>)
- Analisi foto *Google Earth* – foto da satellite e “*street view*” (utilizzando il *file kmz* delle aree non escluse)
- Ortofoto disponibili sia *on line* (*Geoportale Nazionale*) che in SIDEN

10.3.3 Dati Regionali

- Regione Puglia
 - Piano Tutela delle Acque – Relazioni e Cartografia
 - Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia – Autorità di Bacino della Puglia
 - Carta Uso del Suolo – Regione Puglia
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Provincia di Foggia
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Provincia di Brindisi
- Regione Basilicata
 - Carta Uso del Suolo
 - Carta Sorgenti – Autorità di Bacino della Basilicata (Fonte: Politecnico di Bari)
 - Carta Sorgenti captate – Autorità di Bacino della Basilicata (Fonte: Politecnico di Bari)
- Regione Lazio
 - Carta tecnica regionale – C.T.R. 1:10.000

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- Piano Tutela Acque Regione Lazio
 - Piano Regolatore Generale degli Acquedotti – Aggiornamento 2004
 - *Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio – Gli acquiferi vulcanici* – Capelli et alii (a cura di), 2005
 - Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio – Capelli et alii, 2012
 - Carta Uso del Suolo
 - Relazione sullo stato dell'ambiente della Provincia di Viterbo 2002 (consultabile on line sul sito della Provincia di Viterbo)
- Regione Toscana
- Banche dati Consorzio LaMMA: Banca Dati Sottosuolo e Banca Dati Indagini Geotematiche (visualizzazione in *Google Earth* – dati più aggiornati)
 - Piano strutturale Comune di Civitella Paganico
 - Piano strutturale Comune di Santa Luce
 - Piano strutturale Comune di Pienza
- Regione Emilia – Romagna
- Dati relativi a sorgenti e captazioni già presenti in SIDEN (Fonti: Geoportale Emilia-Romagna; ARPA; Provincia di Piacenza)
 - Dati relativi alla circolazione idrica sotterranea (Fonte: Politecnico di Torino)
 - PTA – Regione Emilia-Romagna e Provincia di Piacenza
 - Carta Uso del Suolo
- Lombardia
- *Corine Land Cover (CLC) 2006 – Livello 3 - Risaie*
- Regione Piemonte
- PTA – Piano di Tutela delle Acque del Piemonte
 - Dati relativi alla circolazione idrica sotterranea (Fonte: Politecnico di Torino)
 - *Corine Land Cover (CLC) 2006 – Livello 3 - Risaie*
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - Provincia di Torino
 - *Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale* – Irace et alii – Torino, 2009

10.4 RISULTATI E CONCLUSIONI

L'insieme delle analisi eseguite per l'applicazione del Criterio ISPRA CE10, relativo a livelli piezometrici e possibili interazioni tra falda acquifera e strutture fondazionali del Deposito Nazionale, ha condotto alla selezione delle aree precedentemente non escluse. In linea generale, è stata verificata la completezza delle informazioni e dei dati disponibili e/o reperibili e integrabili in SIDEN, sia pure con alcune differenze tra regioni; in effetti, in nessun caso si è verificata una tale mancanza di informazioni da rendere impossibile effettuare almeno una valutazione preliminare con indicazione degli approfondimenti necessari.

L'analisi dei dati ha quindi sempre consentito una ricostruzione schematica del modello idrogeologico di sottosuolo, permettendo l'individuazione delle caratteristiche generali della circolazione idrica sotterranea e la valutazione preliminare delle possibili interazioni

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



con le strutture fondazionali di un'opera con caratteri analoghi a quelli del Deposito Nazionale.

Sulla base di tali valutazioni di massima, per la maggior parte delle aree risultate non escluse dopo la fase di screening di 5° livello, è stata inserita una breve nota con segnalazione di elementi di interesse e/o attenzione da approfondire nel corso della verifica in campo.

L'applicazione del Criterio CE10 al quinto livello di analisi, è risultata particolarmente significativa e determinante nella zona del Piemonte orientale e della Lombardia, dove ha condotto all'esclusione di interi settori di territorio utilizzati per la coltivazione del riso (*risaie*); nel resto del territorio nazionale, l'applicazione del criterio ha condotto prevalentemente alla ripermimetrazione delle aree con l'individuazione dei settori da escludere.

10.5 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

Negli anni successivi alla prima redazione della CNAPI è stato costantemente monitorato l'eventuale aggiornamento dei dati di riferimento utilizzati e verificata la disponibilità di nuovi elementi (database, strumenti di pianificazione, pubblicazioni scientifiche, ecc.) che avrebbero potuto modificare il perimetro delle Aree Potenzialmente Idonee. L'insieme delle attività di verifica svolte, anche in presenza di aggiornamenti o nuovi dati di base, ha evidenziato la completa validità attuale della CNAPI elaborata nel 2015 per quanto attiene al criterio CE10.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



11 CE11 – ESCLUSIONE DELLE AREE NATURALI PROTETTE IDENTIFICATE AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE

11.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE11 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree naturali protette ai sensi di legge, specificando che:

“Sono quelle aree ove sono presenti paesaggi, habitat e specie animali e vegetali tutelati: parchi nazionali, regionali e interregionali, riserve naturali statali e regionali, oasi naturali, geoparchi, Siti di Importanza Comunitaria (SIC), Zone di Protezione Speciale (ZPS) e zone umide identificate in attuazione della Convenzione di Ramsar”.

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The site should be located so that the environment will be adequately protected for the entire lifetime of the facility and so that potential adverse impacts can be mitigated to an acceptable degree, technical, economic, social and environmental factors being taken into account. Near surface disposal facilities should comply with the requirements for protection of the environment”.*

Per l'applicazione del criterio CE11 è stata condotta un'analisi a scala nazionale (analisi di 1° livello) in ambiente GIS (*Geographic Informative System*) cui ha fatto seguito un successivo controllo nel corso delle analisi di 5° livello, sovrapponendo le aree non escluse al 4° livello con il *file* aggiornato delle aree protette trasmesse a Sogin dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Mare nel luglio 2014.

Ulteriori controlli sono stati effettuati a livello locale, durante il 6° livello di analisi, per verificare l'esistenza di aree protette non inserite nei *database* utilizzati nelle elaborazioni precedenti.

11.2 DATI DI RIFERIMENTO

In funzione di quanto riportato e richiesto nella GT29, l'analisi delle aree protette, in una prima fase è stata svolta reperendo i limiti delle Aree Naturali Protette istituite e dei Siti Natura 2000, utilizzando principalmente i dati messi a disposizione dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Mare (MATTM) e presenti sul *web*.

Le aree protette analizzate presentano una rilevanza internazionale, nazionale e regionale.

In particolare, sono state analizzati i tematismi presenti sul Geoportale Nazionale del MATTM.

La banca dati disponibile su tale sito comprende le aree naturali protette classificate ai sensi della Legge quadro 394/1991 ed iscritte nel 6° Elenco ufficiale delle aree protette (**EUAP**), approvato con Delibera della Conferenza Stato-Regioni del 17 dicembre 2009 e pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 125 del 31.05.2010, con il Decreto MATTM 27 aprile 2010. Sono ivi presenti le seguenti tipologie:

- Parchi Nazionali (PNZ⁴, PNZ_m), per un totale di 24 parchi, di cui due marini (Parco nazionale dell'Arcipelago Toscano e Parco nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena);
- Aree Marine Protette (MAR), in numero di 27;

⁴ Tra parentesi è riportato il codice presente nella tabella associata al *file* EUAP

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



- Riserve Naturali Statali (RNS), per un totale di 147 siti;
- Parchi Naturali Sommersi (GAPN), per un totale di 3 siti, di cui due Parchi Sommersi ed un Santuario marino;
- Parchi Naturali Regionali (PNR), in numero di 134;
- Riserve Naturali regionali (RNR, RNR_m), in numero di 365, di cui 3 marine;
- Altre Aree Naturali Protette (AANP), incluse alcune oasi, per un totale di 171 siti.

Il numero totale di aree iscritte nel suddetto elenco è 871.

Nell'elenco ufficiale delle aree protette vengono iscritte tutte le aree che rispondono ai criteri stabiliti dal Comitato Nazionale per le Aree Naturali Protette, stabiliti con Delibera del 1 dicembre 1993, riassunti di seguito:

- esistenza di un provvedimento istitutivo formale pubblico o privato;
- esistenza di una perimetrazione, comprovata da apposita documentazione cartografica;
- presenza di valori naturalistici dell'area;
- coerenza con le norme di salvaguardia previste dalla legge 394/91, tra cui il divieto di attività venatoria nell'area. Se questa riguarda solo una parte dell'area protetta, potrà essere iscritta nell'elenco solo la porzione di area in cui vige il divieto;
- garanzie di gestione dell'area da parte di Enti, Consorzi o altri soggetti giuridici, pubblici o privati;
- esistenza di un bilancio o provvedimento di finanziamento.

In funzione di tali criteri, alcune aree protette potrebbero non essere state incluse nell'elenco ufficiale.

A tal fine, si è proceduto con la consultazione del database delle **aree protette non incluse nell'EUAP**, raccolto nella Banca Dati "GIS Natura" (Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio, Politecnico di Milano, 2005). L'acquisizione di questo strato informativo, ha permesso di integrare il *file* delle esclusioni delle Aree Naturali Protette.

A livello internazionale, sono state considerate nelle esclusioni anche le **Zone umide di interesse internazionale** ai sensi della Convenzione Ramsar. Secondo tale convenzione, firmata a Ramsar il 2 febbraio 1971 e ratificata in Italia dal DPR n. 448/1976, per zone umide si intendono *"le paludi e gli acquitrini, le torbe oppure i bacini, naturali o artificiali, permanenti o temporanei, con acqua stagnante e corrente, dolce, salmastra, o salata, ivi comprese le distese di acqua marina la cui profondità, durante la bassa marea, non superi i sei metri"*.

Ai fini dell'esclusione è stata considerata anche la **Rete Natura 2000**, che è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE, nota anche come Direttiva "*Habitat*", per garantire il mantenimento a lungo termine degli *habitat* naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita da Zone Speciali di Conservazione (ZSC) istituite dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva *Habitat* 92/43/CEE del 21 maggio 1992. La designazione delle ZSC avviene in tre tappe durante le quali, inizialmente, uno Stato membro redige un elenco di siti (proposti Siti di Importanza Comunitaria - pSIC) e quindi, in accordo con la Commissione, adotta un elenco di Siti di Importanza comunitaria (SIC) che entro 6 anni vengono designati ZSC dallo Stato membro.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Per il completamento della Rete Natura 2000, oltre alle ZSC sono state individuate le ZPS, istituite in ottemperanza della Direttiva Uccelli 79/409/CEE, sostituita ed abrogata dalla Direttiva 2009/147/CEE, concernente la “*Conservazione degli uccelli selvatici*”. Come la Direttiva *Habitat*, anche la Direttiva Uccelli è importante ai fini conservazionistici; questa prevede, inoltre, una serie di azioni per la conservazione di numerose specie di uccelli, indicate negli allegati della direttiva stessa.

I Siti Natura 2000 sono normati dal DPR n. 357/1997 “*Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche*” (integrato dal DPR n. 120/2003), che recepisce la Direttiva *Habitat* 92/43/CEE.

Secondo quanto richiesto dal criterio CE11, sono stati integrati ed analizzati anche i **Geoparchi**, inseriti nella Rete dei Geoparchi Europei (EGN), consolidata nel 2004 con l’istituzione della Rete Globale dei Geoparchi sotto l’egida dell’UNESCO.

Si tratta di territori che presentano elementi geologici e geomorfologici di particolare rilevanza scientifica, divulgativa, didattica ed estetica che valorizzano il patrimonio geologico. Un Geoparco deve comprendere un certo numero di siti geologici di particolare importanza in termini di qualità scientifica, rarità, rilevanza estetica o valore educativo. La maggior parte dei siti presenti nel territorio di un Geoparco deve appartenere al patrimonio geologico, ma il loro interesse può anche essere archeologico, naturalistico, storico o culturale⁵. In Italia sono presenti nove geoparchi, per lo più ricadenti, totalmente o in parte, all’interno di parchi e/o siti Natura 2000.

Nel luglio 2014, il MATTM ha trasmesso a Sogin uno strato informativo in formato *shapefile* (*unep2014ita32wgs84.shp*) che comprende i limiti delle seguenti tipologie di siti:

- UNESCO-MAB *Biosphere Reserve*;
- UNESCO *World Heritage Site*⁶;
- Area Specialmente Protetta di Importanza Mediterranea (Convenzione di Barcellona);
- *Ramsar Site, Wetland of International Importance*;
- Sito di Interesse Comunitario (Direttiva *Habitat*);
- Zona di Protezione Speciale (Direttiva Uccelli);
- Sito di Interesse Comunitario/Zona di Protezione Speciale (siti di tipo C: SIC coincidenti con ZPS);
- Area Marina Protetta di importanza internazionale;
- Parco Nazionale;
- Parco naturale regionale/provinciale;
- Riserva Naturale Statale;
- Riserva naturale regionale/provinciale;
- Riserva Naturale Marina, Area Marina Protetta;
- Area Marina Protetta, Parco sommerso;
- Altre Aree Naturali Protette Regionali.

Come si può notare, la suddetta banca dati include alcune aree che nella precedente fase non erano state analizzate: UNESCO-MAB *Biosphere Reserve* e le Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea (Convenzione di Barcellona).

⁵ Informazioni tratte dal sito ISPRA www.isprambiente.gov.it

⁶ Tematismo rientrante nel criterio di approfondimento CA11 e, pertanto, analizzato nel capitolo 16.11.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Complessivamente gli strati informativi utilizzati per l'applicazione del criterio CE11 sono sintetizzati nella seguente Tabella 11.2/1.

	File	Contenuti	Data download	Fonte	Link Download
NATURA 2000	sic_ita_32.shp	Perimetri Siti di Importanza Comunitaria (SIC)/Zone Speciali di Conservazioni (ZSC)	05/05/2014	MATTM	Sito ftp del MATTM, trasmissione alla Commissione Europea per l'anno 2013
	zps_ita_32.shp	Perimetri Zone di Protezione Speciale (ZPS)	05/05/2014		
ZONE UMIDE	RAMSAR.shp	Zone umide di importanza internazionale (Ramsar)	20/05/2014	MATTM	Geoportale Cartografico Nazionale
AREE PROTETTE	EUAP.shp	Perimetri Aree Naturali Protette iscritte nell'Elenco Ufficiale (EUAP)	20/05/2014	MATTM	Geoportale Cartografico Nazionale
	noEUAP.shp	Perimetri Aree Naturali Protette Non Iscritte Nell'elenco Ufficiale Aree Protette	22/06/2005	MATTM, Politecnico di Milano	Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio, Politecnico di Milano, 2005. GIS NATURA. Il GIS delle conoscenze naturalistiche in Italia. (DVD)
	unep2014ita32wgs84.shp	Elenco di Aree protette (internazionali, nazionali e regionali) e Siti Natura 2000	07/07/2014 ⁷	MATTM	
OASI NATURALI	LeOasideIWWFItalia.kml	File di localizzazione delle Oasi WWF	21/08/2014	WWF	https://www.wwf.it/oasi/
GEOPARCHI	Aree PGSA.shp	Perimetro Parco Geominerario Storico Ambientale della Sardegna	19/06/2014	Consorzio Parco Geominerario Storico Ambientale della Sardegna	https://parcogeominerario.sardegna.it/
	Geoparchi.shp	Limiti dei Geoparchi Italiani riconosciuti nella EGN e GCN	29/07/2014 ⁶	ISPRA	

Tabella 11.2/1 – Elenco dei tematismi di origine utilizzati per l'analisi del Criterio CE11

11.3 SINTESI DELLA PROCEDURA DI ESCLUSIONE E DEI RISULTATI

Come accennato nell'introduzione, per il Criterio di Esclusione CE11, si è proceduto inizialmente con l'analisi dei tematismi, aventi copertura nazionale, descritti nel paragrafo precedente e riportati in Tab. 11.2/1

⁷ Data di trasmissione a SOGIN.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



In particolare, nel corso delle analisi di 1° livello, sono stati esclusi i Siti di Importanza Comunitaria (SIC), le Zone Speciali di Conservazione (ZSC), le Zone di Protezione Speciale (ZPS), le Zone umide di importanza internazionale (Ramsar), il Geoparco denominato “Parco Geominerario storico ambientale della Sardegna”, il 6° Elenco Ufficiale delle Aree Protette (EUAP) e l’elenco di altre aree naturali protette, queste ultime presenti nella banca dati GIS Natura.

Successivamente, nel corso del 5° livello di analisi, tali esclusioni sono state implementate con i perimetri dei Geoparchi (trasmessi da ISPRA) e delle aree protette trasmesse dal MATTM a Sogin di cui nell’introduzione, al fine di verificare l’eventuale esistenza di aree protette aggiuntive che non erano state analizzate nelle analisi GIS precedenti.

Un’ulteriore verifica dell’assenza di aree naturali protette è stata infine eseguita al 6° livello di analisi, mediante la consultazione di banche dati geografiche presenti sui siti regionali o comunali delle aree indagate.

Per quanto attiene alle Oasi Naturali, che rappresentano un altro elemento di esclusione per il criterio CE11, considerato che non era disponibile una banca dati omogenea a scala nazionale, il loro approfondimento è stato eseguito direttamente al 6° livello di analisi sia mediante rilievi speditivi, sia mediante la consultazione dei siti che seguono:

1. Oasi WWF scaricate da sito WWF
<https://maps.google.it/maps/ms?msid=200087877338627388790.0004decd6ab2a399c927a&msa=0&ie=UTF8&t=h&ll=42.423457,12.524414&spn=9.729888,14.282227&z=5&source=embed&dg=feature>
2. Oasi LIPU verificate singolarmente a video perché non scaricabili. Il sito di riferimento è <http://www.lipu.it/oasi-naturali-e-centri-di-recupero-fauna-selvatica>
3. Oasi Legambiente, presenti sul sito *web* dell’Associazione.

11.4 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

Le attività di verifica e acquisizione degli aggiornamenti dei dati utilizzati per la realizzazione della CNAPI, avvenuta a partire da dicembre 2015, ha evidenziato una serie di aggiornamenti dei tematismi utilizzati per la redazione della carta consegnata nel Luglio 2015 in revisione 02. Tali aggiornamenti, per il criterio di esclusione CE11, non hanno determinato ripermitezioni o esclusioni di Aree Potenzialmente Idonee.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



12 CE12 – ESCLUSIONE DELLE AREE CHE NON SIANO AD ADEGUATA DISTANZA DAI CENTRI ABITATI

12.1 INTRODUZIONE

Il criterio d'esclusione CE12 della GT29 prevede l'esclusione delle aree "che non siano ad adeguata distanza dai centri abitati" specificando che "La distanza dai centri abitati deve essere tale da prevenire possibili interferenze durante le fasi di esercizio del deposito, chiusura e di controllo istituzionale e nel periodo ad esse successivo, tenuto conto dell'estensione dei centri medesimi".

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): "*II.31. Consideration should be given to avoiding areas of high population density. The selection of candidate sites should be performed on the basis of appropriate suitability factors, with account taken of the likelihood of future disturbances and radiation protection of people who could be affected by the release of radionuclides from the disposal facility*". In particolare, la stessa guida SSG-29 indica che, per la fase di *area survey stage* (corrispondente alla prima e seconda fase della procedura di localizzazione definita nella GT29), deve essere considerata, per l'individuazione delle aree potenzialmente idonee, la distribuzione della popolazione a scala di territorio vasto sulla base di cartografia a scala regionale. Dati di maggiore dettaglio sulla distribuzione della popolazione sono richiesti per la fase di caratterizzazione dei siti candidati per la selezione del sito definitivo.

Il criterio CE12 della GT29, che rappresenta il riferimento normativo principale per la realizzazione della CNAPI, non indica valori di soglia per l'applicazione dell'esclusione ma mette in evidenza la necessità di effettuare l'esclusione considerando la potenziale reciproca interferenza tra insediamento antropico e la presenza del Deposito Nazionale. Questo rispetto sia alla situazione attuale che nella prospettiva temporale secolare, sulla base di un'ipotesi di sviluppo urbanistico del territorio e tenendo presenti le condizioni proprie delle fasi di caricamento, di chiusura e di rilascio del sito del Deposito Nazionale senza vincoli radiologici per le generazioni future. Si nota a questo proposito che il criterio CE12, indicando di tenere conto dell'estensione dei centri abitati, focalizza l'attenzione più sul modo con cui l'insediamento si modifica piuttosto che sulla variazione nel tempo del numero degli abitanti nell'intorno del sito del Deposito.

In sintesi l'applicazione del criterio CE12 deve condurre, in questa prima fase del processo di localizzazione, all'esclusione delle aree in prossimità dei centri abitati al fine di limitare l'interferenza potenziale con lo sviluppo degli insediamenti in termini di vincoli all'uso del territorio. La distanza dai centri abitati può inoltre ridurre la possibilità che future attività antropiche possano alterare l'efficacia delle barriere ingegneristiche del Deposito (intrusioni).

12.2 BASI CONCETTUALI E MODALITÀ DI APPLICAZIONE

12.2.1 Il fenomeno insediativo italiano

Come già accennato, la distanza del Deposito Nazionale dai centri abitati, rappresenta un requisito precauzionale che non influenza in modo diretto le prestazioni di sicurezza del Deposito. Pertanto la valutazione dei valori di distanza da assumere per determinare

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



l'esclusione dei territori dalla CNAPI sono state prese in considerazione le attuali caratteristiche urbanistiche del territorio nazionale per l'individuazione delle zone di più probabile espansione dell'insediamento residenziale e produttivo. L'analisi è stata effettuata da un gruppo specialistico di lavoro che ha prodotto il rapporto (DN GS 00227), a cui si rimanda per maggiori dettagli rispetto a quanto riportato nel seguito.

Interpretazioni del fenomeno insediativo italiano

L'Italia è stata spesso definita come "il paese delle cento città". In realtà, le città italiane possono essere ben più di cento, oppure meno: dipende dal criterio per definire una città. Se per città si intendono solo i centri urbani di maggiori dimensioni, per esempio quelli con più di 500.000 abitanti, nel nostro paese ce ne sono sei: Roma, Milano, Napoli, Torino, Genova e Palermo. Se facciamo rientrare nel criterio tutti i comuni con almeno 100.000 abitanti, si individuano 46 città. Se invece definiamo "urbani" i comuni con più di 20.000 abitanti, prendendo a riferimento una indicazione dell'ONU⁸, allora in Italia si enumerano ben più di cento città.

Secondo i dati dell'ultimo censimento ISTAT (2011), i comuni con più di 20.000 abitanti sono 366. Questo dato è leggermente diverso da quello del censimento precedente (2001) dove i comuni con più di 20.000 abitanti erano 473, mentre le città, cioè i comuni con più di 100.000 abitanti erano 42. Questo significa che continua l'inversione di tendenza dello spostamento dalle campagne verso la città. Rimane, comunque, invariato il fatto che, ad oggi, la metà della popolazione italiana vive in una città, piccola o grande che sia.

Le località abitate del censimento, ovvero i centri abitati, i nuclei abitati e le zone produttive, sono localizzate per il 93% in aree di pianura e collinari (altitudini inferiori a 700 m s.l.m.) e coprono una superficie di 18.834 km².

Nella legislazione nazionale la definizione di "centro abitato" è contenuta nell'art. 3 del nuovo codice della strada (letteralmente "insieme di edifici, delimitato lungo le vie di accesso dagli appositi segnali di inizio e fine. Per insieme di edifici si intende un raggruppamento continuo, ancorché intervallato da strade, piazze, giardini o simili, costituito da non meno di venticinque fabbricati e da aree di uso pubblico con accessi veicolari o pedonali sulla strada"). La rilevanza urbanistica discende dalla L. 765/1967 emanata per disciplinare l'edificazione nei comuni privi di piano regolatore o di programma di fabbricazione e dal DM 1° aprile 1968 n. 1404 in ordine alle distanze dell'edificazione dal nastro stradale.

Al contrario del censimento ISTAT in Italia non è ancora disponibile un *database* che individua i centri abitati nell'accezione del codice della strada.

12.2.2 Base concettuale per l'applicazione del criterio

Come detto in precedenza l'applicazione del criterio CE12 deve provvedere a rendere minima la possibilità d'interferenza del Deposito con il sistema insediativo residenziale e produttivo. Ciò è possibile combinando due accorgimenti:

⁸ *Pierre George*, Enciclopedia del novecento (1975) - voce Città, – Dati statistici ONU: "..... la popolazione urbana, definita come la popolazione residente in agglomerati con più di 20.000 abitanti, secondo le norme fissate dalle Nazioni Unite"

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



- definire il perimetro delle aree potenzialmente idonee tenendo conto di una distanza minima di rispetto dai centri abitati anche molto piccoli;
- individuare, all'interno delle aree potenzialmente idonee il o i siti possibili salvaguardando gli elementi naturali e antropici e massimizzando la distanza dai perimetri dei centri abitati.

12.2.3 Dati per l'applicazione del criterio

I dati di riferimento nazionale che caratterizzano il territorio rispetto alla distribuzione dell'insediamento civile sono resi disponibili dal 15° censimento di "popolazione e abitazioni" effettuato dall'ISTAT nel 2011 con riferimento al giorno del 9 Ottobre. I dati forniscono il conteggio della popolazione, la rilevazione delle sue caratteristiche strutturali, la consistenza numerica e le caratteristiche strutturali delle abitazioni e degli edifici. I dati utilizzati in questo lavoro sono quelli rilasciati da ISTAT il 28/3/2014.

12.2.4 Definizione delle aree di esclusione

Per l'applicazione del criterio CE 12 è stato utilizzato il *file* poligonale dei centri abitati rilasciato da ISTAT per realizzare un filtro d'esclusione in ambiente GIS nel modo descritto nel documento DN GS 00056 che descrive la procedura operativa per la realizzazione della CNAPI.

L'esclusione è stata applicata alle aree dei centri abitati⁹ (località di tipo 1 e 2) e al territorio circostante, fino alla distanza di 1 km dal perimetro di ogni località presente sul territorio nazionale.

Ai fini dell'applicazione del criterio CE12 sono state aggregate anche le località produttive¹⁰ (località tipo 3) censite; in quanto sede di attività antropica pur non essendo sempre sede di residenze.

⁹ Per centro abitato si intendono tutte le Località abitate individuate dall'ISTAT nel censimento 2011 con esclusione delle Case sparse perché i dati ed esse associati non sono ubicati sul territorio ma sono restituiti a scala comunale e quindi non utilizzabili per esclusioni automatiche.

Definizioni del censimento 2001:

- Località abitata. Area più o meno vasta del territorio comunale, conosciuta di norma con un nome proprio, sulla quale sono situate una o più case raggruppate o sparse. Si distinguono in centri abitati, nuclei abitati e case sparse:
 - Centro abitato. Località di tipo 1. E' un aggregato di case contigue o vicine con interposte strade, piazze e simili o comunque brevi soluzioni di continuità per la cui determinazione si assume un valore variabile intorno ai 70 metri, caratterizzato dall'esistenza di servizi o esercizi pubblici (scuola, ufficio pubblico, farmacia, negozio o simili) costituenti la condizione di una forma autonoma di vita sociale e generalmente determinanti un luogo di raccolta dove sono soliti concorrere anche gli abitanti dei luoghi vicini per ragioni di culto, istruzione, affari, approvvigionamento e simili, in modo da manifestare l'esistenza di una forma di vita sociale coordinata dal centro stesso. I luoghi di convegno turistico, i gruppi di villini, alberghi e simili destinati alla villeggiatura, abitati stagionalmente sono considerati centri abitati temporanei, purché nel periodo dell'attività stagionale presentino i requisiti del centro;
 - Nucleo abitato. Località di tipo 2. E' una località abitata, priva del luogo di raccolta che caratterizza il centro abitato, costituita da un gruppo di case contigue e vicine, con almeno cinque famiglie, con interposte strade, sentieri, piazze, aie, piccoli orti, piccoli incolti e simili, purché l'intervallo tra casa e casa non superi trenta metri e sia in ogni modo inferiore a quello intercorrente tra il nucleo stesso e la più vicina delle case manifestamente sparse.

¹⁰ Aree in ambito extraurbano non comprese nei centri o nuclei abitati nelle quali siano presenti unità locali in numero superiore a 10, o il cui numero totale di addetti sia superiore a 200, contigue o vicine con interposte strade, piazze e

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



La distanza di un chilometro assume la valenza di distanza “di rispetto” per non interferire con l’insediamento antropico, dato che, per quanto detto in precedenza, non è necessario assumere alcuna distanza minima di sicurezza in relazione alle precauzioni per motivi radioprotezionistici afferenti al carico radiologico del Deposito.

I perimetri dei centri abitati disponibili in modo omogeneo su tutto il territorio nazionale sono quelli dell’ISTAT che sono stati tracciati dallo stesso istituto per le esigenze del rilevamento statistico. Tali dati sono validati dall’ISTAT alla risoluzione della scala 1:10.000.

Per quanto richiesto dalla GT29 in merito all’orizzonte temporale da prendere in considerazione per l’applicazione del criterio CE12, è stato sviluppato e applicato un modello di aggregazione nel tempo dei centri abitati e del territorio limitrofo di potenziale urbanizzazione. Il modello è stato sviluppato dal gruppo di lavoro indicato in premessa e la sua illustrazione è contenuta nel documento DN GS 00198.

I risultati sono visualizzati nella Figura 12.2/1 che segue.

Nella figura sono raggruppate le aree definibili come “urbanismi locali”¹¹ e le “aree metropolitane” intese come la composizione degli urbanismi locali in riferimento alle città metropolitane, come definite nell’ordinamento dello Stato italiano.¹²

simili, o comunque brevi soluzioni di continuità non superiori a 200 metri; la superficie minima deve corrispondere a 5 ettari.

¹¹ Definiti come gli organismi urbani che inglobano i centri abitati di un dato Comune ed eventualmente quelli contigui compresi in un’are di massimo 5 km anche se appartenenti a Comuni diversi, tenendo conto anche delle relazioni che tra essi si instaurano.

¹² Legge 7 aprile 2014 n. 56.



Figura 12.2/1 – Territorio individuato come ambito di sviluppo dell’urbanizzazione delle città con più di 20.000 abitanti, e rappresentato come involucro degli “urbanismi locali” e delle “città metropolitane” (in celeste)

Ai fini dell’applicazione del criterio d’esclusione, in linea con quanto detto al paragrafo 12.2.3 e per tenere in debito conto l’entità del territorio individuato dalla proiezione modellistica riguardante la potenziale urbanizzazione, si è proceduto in modo cautelativo ma non soggettivo. Il criterio CE12 è stato applicato escludendo il territorio circostante i centri abitati all’interno di una distanza di entità proporzionale all’estensione di ciascuno

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



di essi. Il fattore di proporzionalità è tale da permettere l'espansione per 10 volte della superficie dell'attuale dimensione del centro abitato.

I valori dell'estensione delle località abitate sono desumibili dai dati dei pregressi censimenti della popolazione. Utilizzando i poligoni dei centri abitati disponibili in formato digitale del periodo dal 1991 al 2011 è stato individuato il *trend* d'espansione. L'espansione dei centri abitati ha interessato in totale nel ventennio indicato 2510 km² (Tab. 12.2/1). Tuttavia, come si può osservare in figura 12.2/2, per passare da 1,9 milioni di ettari ad un valore 10 volte più grande, cioè 19 Mha, nei prossimi 20-30 decenni, deve essere ammessa una fortissima impennata della curva di estrapolazione (Fig. 12.2/2).

Censimento	Area totale località tipo 1 + tipo 2 (km ²)
1991	16.840
2001	18.610
2011	19.350

Tabella 12.2/1- Estensione totale dalle località abitate italiane riportate nei censimenti ISTAT

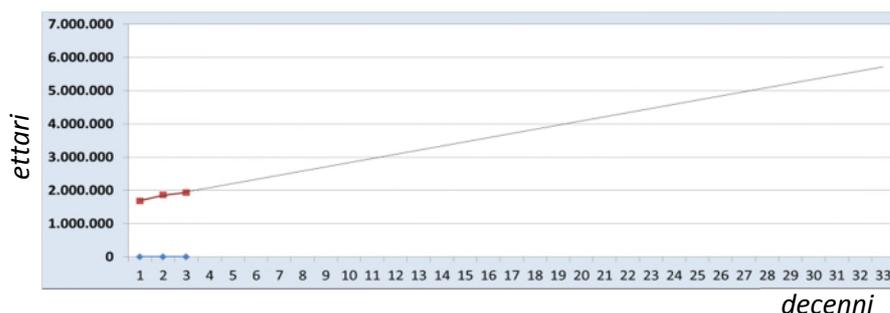


Figura 12.2/2 – Andamento temporale dell'espansione delle località abitate italiane

In Figura 12.2/3 si illustra la distribuzione dei centri abitati in funzione dell'ampiezza del *buffer* d'esclusione necessaria per ottenere una superficie 10 volte maggiore di quella del centro abitato stesso attualmente occupata. Ne risulta che applicando il criterio CE12 come sopra descritto, solo per il 6% dei casi il *buffer* di esclusione risulta maggiore di 1 km. Infatti, come illustrato nella figura 12.2/4, il 94% dei centri abitati ha una limitata estensione e, di conseguenza, l'ampliamento di 10 volte della superficie attuale rientra all'interno del *buffer* minimo d'esclusione di 1 km.

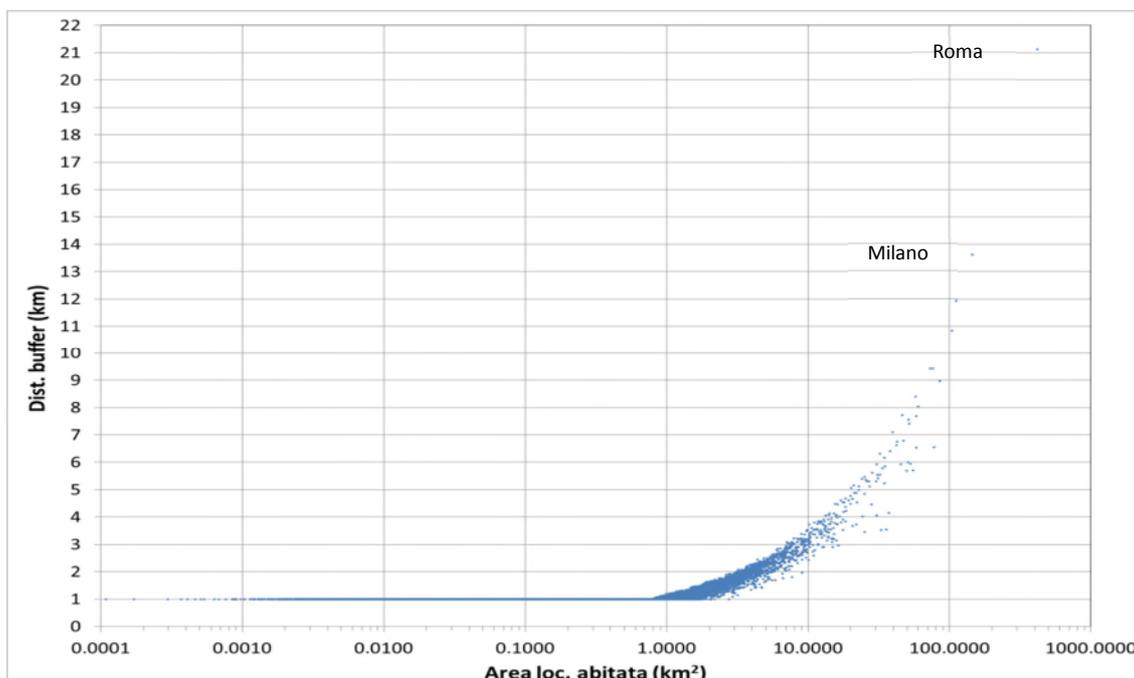


Figura 12.2/3 – Ampiezza dei *buffer* d'esclusione in relazione all'estensione delle località abitate (tipo 1, 2 e 3) del censimento ISTAT 2011

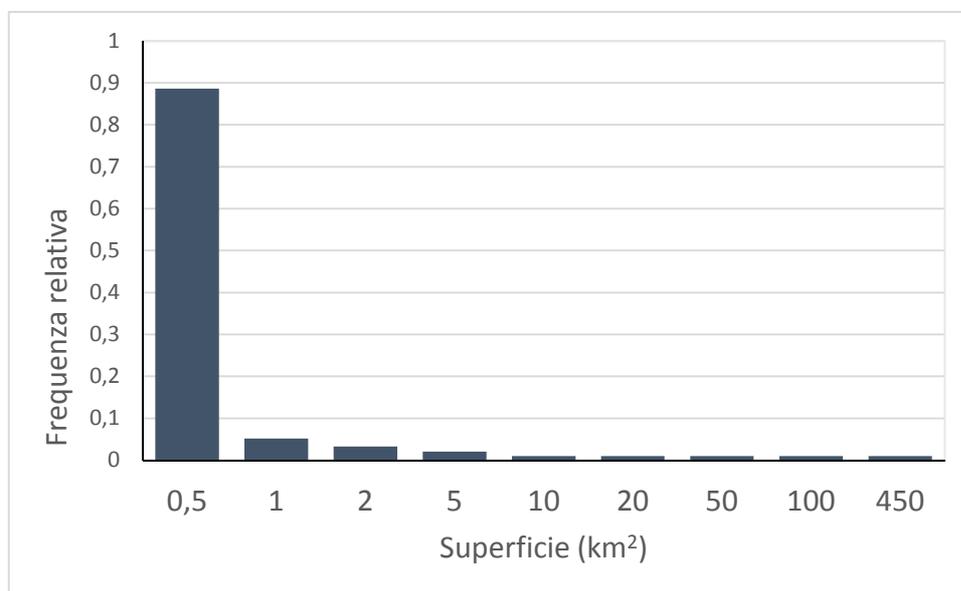


Fig. 12.2/4 – Istogramma delle 61.486 località abitate italiane classificate rispetto alla loro estensione (dati censimento ISTAT 2011)

12.3 RISULTATI DELL'APPLICAZIONE DEL CRITERIO

L'applicazione a scala nazionale dell'esclusione dei centri abitati e del territorio circostante di almeno un chilometro e comunque fino a raggiungere un'estensione pari a

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



10 volte l'area attualmente coperta dal centro stesso, ha portato ad escludere 163.237 km² pari a circa il 54% del territorio nazionale (Figura 12.3/1). Il criterio CE12 che è stato elaborato come applicazione al primo livello della procedura di realizzazione della CNAPI (v. DN GS 00056).

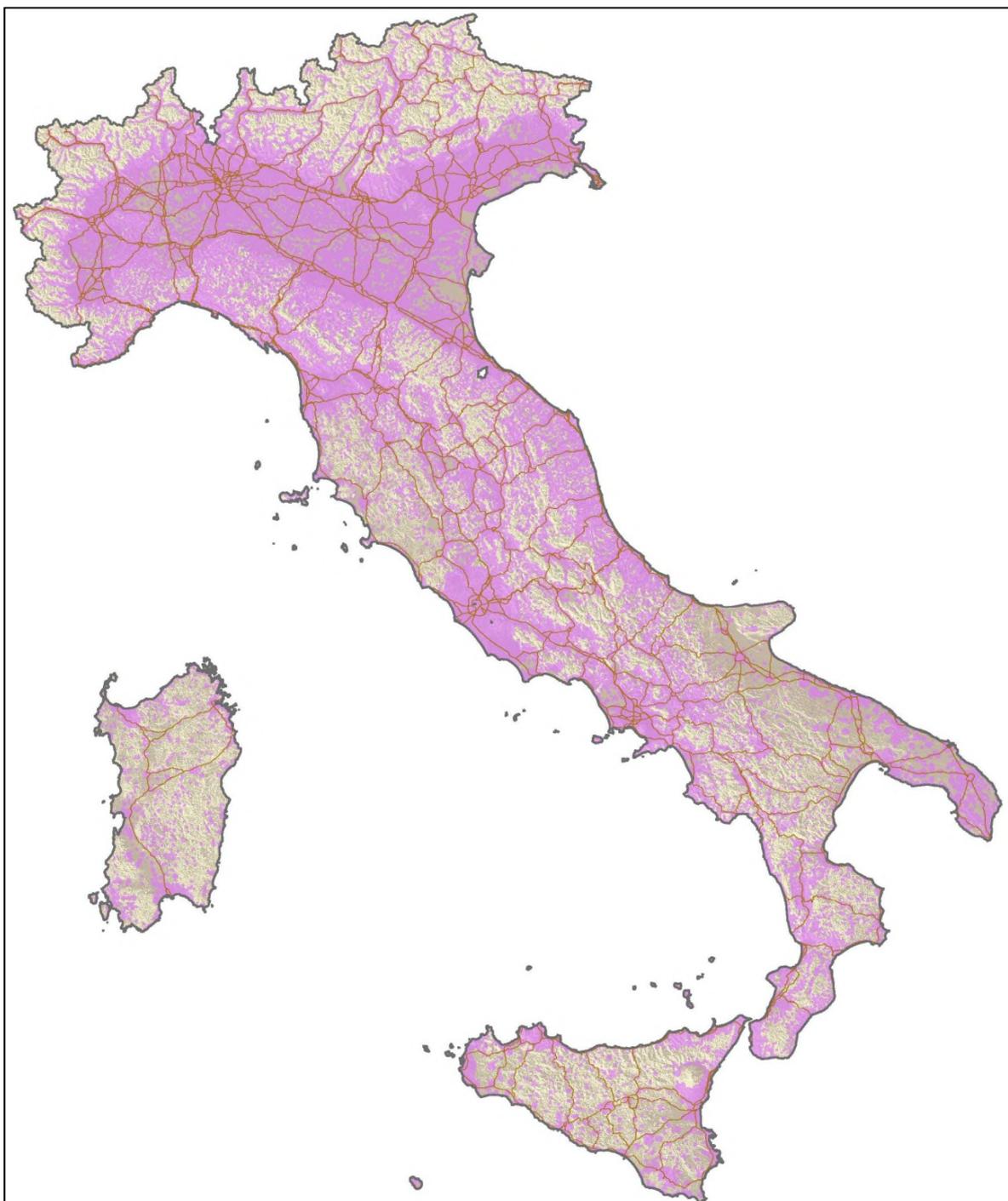


Figura 12.3/1 – Risultato dell'esclusione dell'applicazione del criterio CE12 della GT n.29 ISPRA (in viola)

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



13 **CE13 – ESCLUSIONE DELLE AREE CHE SIANO A DISTANZA INFERIORE A 1 KM DA AUTOSTRADE E STRADE EXTRAURBANE PRINCIPALI E DA LINEE FERROVIARIE FONDAMENTALI E COMPLEMENTARI**

13.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE13 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree che siano a distanza inferiore ad 1 km da strade extraurbane principali e da linee ferroviarie fondamentali e complementari, specificando:

“La distanza da queste vie di comunicazione tiene conto dell'eventuale impatto sul deposito legato a incidenti che coinvolgono trasporti di merci pericolose (gas, liquidi infiammabili, esplosivi, ecc.).

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The site should be located so that activities carried out by present, or future, generations at or near the site will not be likely to affect the isolation capability of the disposal system. Areas in the immediate vicinity of major hazardous facilities, airports or transport routes carrying significant quantities of hazardous materials should be evaluated.”*

Si tratta di un criterio cautelativo che tende a minimizzare significativamente la probabilità di accadimento di fenomeni di disturbo antropico che possano compromettere l'integrità del deposito.

Considerata la sensibile frammentarietà dei dati disponibili, si sono rese necessarie operazioni di integrazione di diverse fonti e analisi condotte per successivi livelli di approfondimento. Tali operazioni sono descritte nel seguito.

13.2 APPLICAZIONE NEL 1° LIVELLO DI ANALISI E DATI DI RIFERIMENTO

Questa esclusione è stata realizzata utilizzando i dati del progetto Strati Prioritari di Interesse Nazionale (DBPrior10k) integrato con il *database* Navteq (Nokia 2012) per la viabilità stradale e i dati di RFI (Rete Ferroviaria Italiana del Gruppo Ferrovie dello Stato) e DBPrior10k per quella ferroviaria.

In merito alla viabilità stradale, nel DBPrior10k sono definite le seguenti classi funzionali dei tratti di strada:

- ✓ Non codificato
- ✓ 10 Autostrada o superstrada
- ✓ 21 Strada extraurbana principale
- ✓ 22 Strada extraurbana secondaria (default)
- ✓ 23 Strada extraurbana non assegnata
- ✓ 31 Strada urbana principale
- ✓ 32 Strada urbana secondaria
- ✓ 33 Strada urbana non assegnata
- ✓ 99 Da verificare

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Tale codifica fa riferimento al Nuovo Codice della Strada, approvato con Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n. 285, che classifica le strade rispetto alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, in:

- **Autostrada:** strada extraurbana o urbana a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico invalicabile, ciascuna con almeno due corsie di marcia, eventuale banchina pavimentata a sinistra e corsia di emergenza o banchina pavimentata a destra, priva di intersezioni a raso e di accessi privati, dotata di recinzione e di sistemi di assistenza all'utente lungo l'intero tracciato, riservata alla circolazione di talune categorie di veicoli a motore e contraddistinta da appositi segnali di inizio e fine. Deve essere attrezzata con apposite aree di servizio ed aree di parcheggio, entrambe con accessi dotati di corsie di decelerazione e di accelerazione.
- **Strada extraurbana principale:** strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico invalicabile, ciascuna con almeno due corsie di marcia e banchina pavimentata a destra, priva di intersezioni a raso, con accessi alle proprietà laterali coordinati, contraddistinta dagli appositi segnali di inizio e fine, riservata alla circolazione di talune categorie di veicoli a motore; per eventuali altre categorie di utenti devono essere previsti opportuni spazi. Deve essere attrezzata con apposite aree di servizio, che comprendano spazi per la sosta, con accessi dotati di corsie di decelerazione e di accelerazione.
- **Strada extraurbana secondaria:** strada ad unica carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia e banchine.
- **Strada urbana di scorrimento:** strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico, ciascuna con almeno due corsie di marcia, ed una eventuale corsia riservata ai mezzi pubblici, banchina pavimentata a destra e marciapiedi, con le eventuali intersezioni a raso semaforizzate; per la sosta sono previste apposite aree o fasce laterali esterne alla carreggiata, entrambe con immissioni ed uscite concentrate.
- **Strada urbana di quartiere:** strada ad unica carreggiata con almeno due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi; per la sosta sono previste aree attrezzate con apposita corsia di manovra, esterna alla carreggiata.
- **Strada locale:** strada urbana od extraurbana opportunamente sistemata ai fini di cui al comma 1 non facente parte degli altri tipi di strade.
- **Itinerario ciclopedonale:** strada locale, urbana, extraurbana o vicinale, destinata prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile e caratterizzata da una sicurezza intrinseca a tutela dell'utenza debole della strada.

Nel DBPrior10k, l'attributo classe funzionale non è disponibile per oltre la metà dei *record* presenti nello *shapefile* delle strade e questo ha portato a prendere in considerazione anche un'altra base dati, il *database* Navteq, nella quale le strade sono suddivise in 5 classi:

1. strade che consentono un alto volume di traffico e massima velocità di spostamento tra e entro le maggiori città;
2. strade usate per canalizzare il traffico verso strade di tipo 1 e strade con molto pochi o nessun cambiamento della velocità di percorrenza, che consentono alti volumi di traffico;

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



3. strade che interconnettono quello di classe 2 e consentono alti volumi di traffico ma velocità di percorrenza inferiori rispetto alle precedenti;
4. strade con elevati volumi di traffico e velocità moderate che connettono centri abitati vicini;
5. strade con volumi di traffico e velocità di circolazione inferiori al livello delle altre classi funzionali; strade pedonali e strade riservate al traffico di bus, camion e veicoli d'emergenza.

Per l'analisi di 1° livello si è scelto di selezionare le strade con classe 1 e 2, che certamente corrispondono alle classi funzionali autostrade e strade extraurbane principali. Le strade con classe 3 (che possono o meno appartenere alle classi funzionali da escludere), sono state invece prese in considerazione nell'analisi di 5° e 6° livello, incrociandole con le informazioni ricavate da altre fonti (*Database Topografici Regionali*, CTR, foto aeree etc.).

Alle strade selezionate, come previsto dalla GT29, è stato applicato un *buffer* di 1 km.

Anche per le linee ferroviarie, non è stato possibile utilizzare i soli dati presenti nel DBPrior10k, a causa della mancanza di un attributo sulla tipologia della linea, indispensabile per l'applicazione del criterio.

RFI, il gestore dell'infrastruttura ferroviaria, classifica le linee ferroviarie, sulla base delle loro caratteristiche, in tre categorie:

- *Linee fondamentali*, caratterizzate da un'alta densità di traffico e da una elevata qualità dell'infrastruttura, comprendono le direttrici internazionali e gli assi di collegamento fra le principali città italiane;
- *Linee complementari*, con minori livelli di densità di traffico, costituiscono la maglia di collegamento nell'ambito dei bacini regionali e connettono fittamente tra loro le direttrici principali;
- *Linee di nodo*, che si sviluppano all'interno di grandi zone di scambio e collegamento tra linee fondamentali e complementari situate nell'ambito di aree metropolitane.

L'assenza di questo attributo, ha reso necessario integrare i dati del DBPrior10k con quelli di RFI.

Sul portale *web* di RFI

(<http://www.rfi.it/rfi/>) è disponibile una mappa aggiornata della rete RFI in esercizio, con relativa classificazione; essa è stata scaricata e georiferita.

Sovrapponendo le due fonti d'informazione, ossia elementi lineari del DBPrior10k e mappa georiferita RFI, sono state individuate le *features* che appartenevano alle classi d'interesse per l'esclusione (linee fondamentali e complementari). Lo strato informativo è stato quindi ulteriormente integrato con l'ausilio di immagini satellitari.

Nello *shapefile* delle ferrovie così costruito, è stato inserito l'attributo *tipo_linea*, che assume i valori:

- C (Complementare);
- CN (Complementari Nuove, ossia non presenti in DBPrior10k);
- F (Fondamentali) e FN (Fondamentali Nuovi inserimenti).

Alle linee ferroviarie selezionate, come previsto dalla GT29, è stato applicato un *buffer* di 1 km.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Con questo procedimento risulta escluso il 18% circa del territorio nazionale (Fig. 13.2/1).



Figura 13.2/1 - Esclusione delle zone a distanza inferiore di 1 km da autostrade, strade extraurbane principali e linee ferroviarie fondamentali e complementari nel primo livello di analisi

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



13.3 APPLICAZIONE NEL 5° E 6° LIVELLO DI ANALISI E DATI DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda la selezione delle strade extraurbane principali, risultata più complessa a causa della maggiore disomogeneità dei dati disponibili, si è proceduto nel modo che segue.

Nei casi in cui erano disponibili *Database* Topografici Regionali (Sardegna, Toscana, Piemonte ed Emilia-Romagna), all'interno dei quali le strade sono suddivise in classi funzionali, sono state valutate le strade extraurbane principali. Per le regioni per le quali tali *database* non erano disponibili, la valutazione è stata fatta selezionando le strade con classe 3 (secondo la classificazione del *database* Navteq) e verificando a *monitor*, tramite foto aeree o sul campo, che queste avessero i requisiti di strada extraurbana principale ai sensi del Nuovo Codice della Strada. L'operazione, cominciata nel corso del 5° livello di analisi, si è protratta anche nel 6° durante il quale sono state recepite le segnalazioni risultanti dai rilievi speditivi.

Anche in questo caso, agli elementi lineari selezionati è stato applicato un *buffer* di 1 km per ottenere le nuove parti da escludere.

13.4 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

Negli anni successivi alla prima preparazione della CNAPI è stata periodicamente monitorata l'eventuale costruzione di nuove vie di comunicazione oggetto del criterio che potevano potenzialmente interferire con le Aree Potenzialmente Idonee. È stato verificato che nessuna modifica riguardante il presente criterio è intervenuta nell'ambito, o nelle immediate vicinanze, delle Aree Potenzialmente Idonee.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



14 **CE14 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DALLA PRESENZA NOTA DI IMPORTANTI RISORSE DEL SOTTOSUOLO**

Il criterio di esclusione CE14 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree caratterizzate dalla presenza nota di importanti risorse del sottosuolo, specificando che: *“Lo sfruttamento di risorse del sottosuolo già individuate negli strumenti di pianificazione e vincolo territoriale [idriche, energetiche (gas, petrolio o di tipo geotermico) e minerarie] può essere compromesso dalla costruzione del deposito e può determinare insediamenti futuri di attività umane, compromettendo l'isolamento del deposito stesso”.*

Tale criterio può essere ricondotto alle seguenti indicazioni generali IAEA riportata nella SSG-29 (2014):

“4.33... Location away from known areas of underground mineral, geothermal and groundwater resources will reduce the likelihood of inadvertent disturbance of the disposal facility.”

“11.23... areas or sites should be evaluated for valuable geological resources or potential future resources, including groundwater suitable for irrigation or drinking water, that are likely to give rise to interference activities resulting in a release of radionuclides in quantities beyond the acceptable limits”.

Tenendo conto delle prescrizioni della Guida Tecnica 29 e delle indicazioni IAEA, l'applicazione del criterio d'esclusione CE14, che deve essere omogenea ed estesa all'intero territorio nazionale, deve poter combinare l'utilizzo di dati disponibili a scale di dettaglio molto diverse, in modo non omogeneo sul territorio nazionale e mai valutabili in termini di “importanza” nel futuro non prossimo.

La ricognizione dei dati acquisibili ed utilizzabili nella finalità della prima fase del processo di localizzazione del Deposito Nazionale come indicato nella Guida Tecnica 29, ha permesso di cartografare la distribuzione sul territorio, con i vincoli sopraindicati, le seguenti tipologie di risorse:

- Risorse idriche
- Risorse minerarie
- Minerali solidi
- Idrocarburi liquidi e gassosi
- Geotermia
- Cave di pregio, pietre ornamentali
- Stoccaggio di gas naturale

Nel seguito, per ciascuna di queste, sono descritti i dati utilizzati e le modalità di applicazione delle esclusioni nel corso dei diversi livelli di analisi della procedura per la realizzazione della CNAPI (DN GS 00056).

L'applicazione al quinto livello di analisi del Criterio CE14 (oltre il quale non sono state individuate ulteriori esclusioni) ha determinato la riduzione del 22 % della superficie delle aree non escluse al quarto livello di analisi della procedura CNAPI citata.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



14.1 RISORSE IDRICHE

14.1.1 Introduzione

Le linee guida IAEA sottolineano l'importanza di considerare le risorse idriche sotterranee nel processo di valutazione territoriale ai fini della selezione delle aree potenzialmente idonee.

Le indicazioni contenute nell'enunciato del criterio CE14 della GT29, hanno costituito la base teorico-metodologica per l'impostazione delle istruzioni operative predisposte per il processo di selezione delle aree potenzialmente idonee secondo la procedura DN GS 00056.

In linea generale, sulla base della formulazione del criterio, si è proceduto allo sviluppo e all'applicazione di un metodo di valutazione quali-quantitativo dell'*importanza* della risorsa idrica sotterranea, basato sulle informazioni tecniche e normative disponibili sia a scala nazionale che regionale; l'applicazione di tale metodologia ha condotto alla successiva conseguente esclusione totale o parziale delle aree esaminate.

Nei successivi paragrafi vengono descritte le procedure adottate per l'applicazione dell'esclusione relativa alle risorse idriche e sono elencati i dati territoriali (cartografici, normativi, ecc.) cui si è fatto riferimento per l'analisi e la verifica delle aree.

14.1.2 Applicazione

Le analisi relative all'applicazione del criterio CE14 – Risorse Idriche sono state compiute tutte a partire dal 5° livello della procedura di realizzazione della CNAPI.

Per la valutazione dell'*importanza* della risorsa idrica sotterranea, è stato sviluppato un metodo che, come e per quanto detto in precedenza, a partire dai dati contenuti negli strumenti normativi di pianificazione e vincolo territoriale, oltre che dalla bibliografia disponibile, potesse essere applicato uniformemente su tutto il territorio nazionale.

Si è comunque rilevato che non sono attualmente disponibili modelli univoci di classificazione delle risorse idriche sotterranee, in quanto i sistemi di qualifica generalmente adottati rispondono o ad esigenze normative (protezione della risorsa, regolamentazione dello sfruttamento, ecc.) o alla necessità di una caratterizzazione "tecnica" delle stesse.

In accordo con alcune esperienze già sviluppate in altri paesi (ad es.: *An Aquifer Classification System for Ground Water Management in British Columbia* - R. Kreye, K. Ronneseth and M. Wei – *Ministry of Environment Water Protection & Sustainability Branch Province of British Columbia, 1994* e *Guide to using the BC aquifer classification maps for the protection and management of groundwater* - J. Berardinucci and K. Ronneseth - *Ministry of Environment Water Protection & Sustainability Branch Province of British Columbia, 2002*) e sulla base dei dati disponibili per tutto il territorio nazionale, è stata adottata una procedura di valutazione della risorsa che tenesse conto sia della *vulnerabilità* che della *potenzialità* dell'acquifero. In generale, la *vulnerabilità* è definita negli strumenti di tutela e pianificazione relativi alla gestione delle risorse idriche (Piano Tutela Acque, Piano di Gestione del Distretto Idrografico, ecc.), mentre la *potenzialità*

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



acquifera può essere desunta sia dagli strumenti di tutela che dalla bibliografia idrogeologica disponibile.

Per tutte le aree esaminate, laddove la risorsa idrica sotterranea fosse *già individuata negli strumenti di pianificazione e vincolo territoriale*, è stato possibile associare alla *vulnerabilità* dell'acquifero, la *potenzialità* idrogeologica di quest'ultimo. Come meglio schematizzato nel seguito, in tutti i casi in cui sia stata verificata l'esistenza di condizioni di vulnerabilità pari o superiore ad *alta* (facendo riferimento ad una scala a sei livelli: *molto bassa – bassa – media – alta – elevata – molto elevata*, cui sono correlabili le classificazioni adottate negli strumenti di tutela) associate ad un'alta *potenzialità acquifera* si è proceduto all'esclusione di aree o porzioni d'area.

Nel dettaglio, la procedura adottata per l'applicazione del criterio si è articolata nelle seguenti fasi iniziali:

1. Ricerca, selezione e studio degli strumenti di tutela e pianificazione a scala regionale (o sovraregionale) relativi alla gestione delle risorse idriche (Piano Tutela Acque, Piano di Gestione delle Acque, Piano Regolatore Generale degli Acquedotti);
2. Studio delle modalità di individuazione e classificazione delle risorse idriche sotterranee (definizione *corpi idrici sotterranei significativi* – o definizioni analoghe basate sulle norme nazionali D.Lgs. 152/99, 152/06 o 30/2009 e ss.mm.ii. - zone di riserva, di protezione, ecc.);
3. Individuazione di eventuali norme di tutela e/o vincolo relativo a porzioni di territorio e/o opere di captazione (aree di salvaguardia, zone di riserva, ecc.);
4. Studio e valutazione della documentazione tecnico-scientifica eventualmente associata agli strumenti di tutela e pianificazione (carte idrogeologiche, piezometrie, carte di soggiacenza, carte di vulnerabilità intrinseca, dati di pozzo, dati relativi all'entità dello sfruttamento della risorsa idrica sotterranea e alla potenzialità idrogeologica, ecc.);
5. Ricerca e selezione di strumenti di tutela a scala sub-regionale (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, norme di tutela comunali – ove presenti e disponibili, ecc.).

Sulla base delle indicazioni del criterio CE14 (*risorse [...] già individuate negli strumenti di pianificazione e vincolo territoriale*), una prima selezione delle aree non escluse è stata basata sulla esistenza di corpi idrici sotterranei significativi (o analoghe classificazioni del territorio in relazione alla presenza di risorse idriche sotterranee) nel sottosuolo dell'area. In tutti i casi in cui non sono presenti corpi idrici sotterranei indicati come significativi o zone di tutela in corrispondenza di un'area, la stessa è stata giudicata "non esclusa". Nel caso in cui l'area in esame fosse ricaduta all'interno di un settore di territorio "classificato" negli strumenti di tutela, sono stati verificati i seguenti due casi:

- 1) area compresa in un settore di particolare tutela delle risorse idriche sotterranee (aree di salvaguardia, campi pozzi di interesse regionale, zone di protezione speciale idrogeologica, aree di riserva, ecc.);

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



2) area ricadente in un settore di territorio compreso in tutto o in parte in corrispondenza di un *corpo idrico sotterraneo significativo (CISS)*.

Nel caso 1) le aree sono state escluse completamente o, qualora la zona di tutela/protezione non fosse stata estesa in modo significativo all'interno dell'area, si è preso atto della necessità di effettuare una ripermimetrazione basata su dati di maggior dettaglio e/o precisione.

Nel caso 2) si è fatto riferimento alla classificazione dell'acquifero basata sia sulle caratteristiche di vulnerabilità intrinseca che sulla potenzialità idrica (vedi sopra), quest'ultima utilizzata come misura dell'importanza dell'acquifero (concetto espresso nell'enunciato del criterio CE14).

Come già esposto, si è teso ad escludere le aree con risorse idriche sotterranee ad elevata produttività potenziale e vulnerabilità intrinseca da alta ad elevata, assicurandosi che tali parametri fossero riferiti allo stesso corpo acquifero.

Si è quindi proceduto nel modo seguente:

- sulla base delle carte di vulnerabilità intrinseca dell'acquifero eventualmente inserite negli strumenti di tutela, è stato associato all'area in esame il campo di variazione di vulnerabilità riportato nelle carte (ad es.: medio-alta; alta-elevata, ecc.);
- sulla base di considerazioni e dati provenienti sia da strumenti di tutela regionali che da fonti bibliografiche o normative nazionali, è stato associato alla zona un grado di produttività potenziale o effettiva dell'acquifero (grado di sfruttamento, potenzialità idrica basata sulle caratteristiche idrogeologiche, ecc.).

Nei casi in cui per un'area è stata verificata con certezza la presenza nel sottosuolo di un corpo idrico significativo, individuato nello strumento di tutela, caratterizzato da vulnerabilità da alta a molto elevata e da buona potenzialità acquifera, l'area è stata esclusa.

In tutti gli altri casi è stata registrata l'opportunità di effettuare una ripermimetrazione basata su dati – relativi all'insieme *vulnerabilità/potenzialità* – di maggior dettaglio e/o precisione.

14.1.3 Dati di riferimento

Nel seguito viene riportato un elenco di tutti i dati principali utilizzati nella fase di applicazione del criterio CE14 – Risorse Idriche, divisi in “dati sovraregionali” (distretti idrografici) e in “dati regionali” (comprendendo, per ogni regione, anche gli eventuali dati sub-regionali: province, comuni, studi di dettaglio, ecc.).

Sono stati consultati i seguenti documenti:

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



14.1.3.1 Dati Nazionali

- I.G.M. – Carta Topografica d'Italia – Tavole in scala 1:25.000 – Servizio *WMS* accessibile da *Geoportale Nazionale* (<http://www.pcn.minambiente.it/GN/>)
- ISPRA – Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000
- ISPRA – Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – ove disponibile – consultazione *on line* della Carta e delle Note Illustrative
- ISPRA – Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (legge 464/84) - Servizio *WMS* accessibile dal Portale del Servizio Geologico d'Italia (<http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/main/home.page>)
- Analisi foto *Google Earth* – foto da satellite e “*street view*” (utilizzando il *file kmz* delle aree non escluse)
- Ortofoto disponibili sia *on line* (*Geoportale Nazionale*) che in SIDEN

14.1.3.2 Dati Regionali

- Regione Basilicata
 - Carta Sorgenti – Autorità di Bacino della Basilicata (Fonte: Politecnico di Bari)
 - Carta Sorgenti captate – Autorità di Bacino della Basilicata (Fonte: Politecnico di Bari)
 - Piano Tutela Acque - Regione Basilicata
 - Piano di Gestione delle Acque – Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale
- Regione Lazio
 - Carta tecnica regionale – C.T.R. 1:10.000
 - Piano Tutela Acque - Regione Lazio
 - *Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio – Gli acquiferi vulcanici* – Capelli et alii (a cura di), 2005
 - *Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio* – Capelli et alii, 2012
 - Relazione sullo stato dell'ambiente della Provincia di Viterbo 2002 (consultabile *on line* sul sito della Provincia di Viterbo)
 - Carta geologica informatizzata della Regione Lazio 1:25.000, 2012
- Regione Toscana
 - Banche dati Consorzio LaMMA: Banca Dati Sottosuolo e Banca Dati Indagini Geotematiche (visualizzazione in *Google Earth* – dati più aggiornati)
 - Piano Tutela Acque - Regione Toscana: Bacino del Fiume Ombrone; Bacino Regionale Toscana Costa.
 - Dati relativi alla circolazione idrica sotterranea (Fonte: Università di Roma 3)
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Grosseto
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Siena
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Pisa
- Regione Emilia – Romagna
 - Dati relativi a sorgenti e captazioni già presenti in SIDEN (Fonti: *Geoportale Emilia-Romagna*; ARPA; Provincia di Piacenza)
 - Dati relativi alla circolazione idrica sotterranea (Fonte: Politecnico di Torino)
 - PTA – Regione Emilia-Romagna e Provincia di Piacenza
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Piacenza

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



- *Le caratteristiche degli acquiferi della regione Emilia-Romagna Report 2003* – A. Fava, M. Farina M. Marcaccio, 2005 – ARPA EMILIA-ROMAGNA
- Regione Puglia
 - Piano Tutela delle Acque – Relazioni e Cartografia
 - Piano di Gestione delle Acque – Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale
 - Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia – Autorità di Bacino della Puglia
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Provincia di Foggia
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Provincia di Brindisi
- Regione Piemonte
 - PTA – Piano di tutela delle acque del Piemonte
 - Dati relativi alla circolazione idrica sotterranea e alla vulnerabilità della falda (Fonte: Politecnico di Torino)
 - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Torino
 - *Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale* – Irace et alii – Torino, 2009
 - Piano di Gestione del Distretto Idrografico del Fiume Po
 - Regolamento regionale delle Aree di Salvaguardia delle Acque destinate al consumo umano
- Regione Sicilia
 - PTA – Piano di tutela delle acque della Regione Sicilia
 - Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia
 - Piano Regolatore Generale degli Acquedotti
- Regione Sardegna
 - PTA – Piano di tutela delle acque della Regione Sardegna
 - Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna
 - Piano Regolatore Generale degli Acquedotti

14.1.4 Sintesi

In sintesi, l'insieme delle analisi eseguite per l'applicazione del Criterio CE14, relativamente alle Risorse Idriche sotterranee, è stato condotto sulle aree risultate non escluse nel precedente 4° livello di analisi della procedura per la realizzazione della CNAPI (DN GS 00056).

E' stato sviluppato un metodo di valutazione quali-quantitativo per l'individuazione dell'*importanza* della risorsa idrica sotterranea eventualmente presente nelle aree, basato sulle informazioni tecniche e normative disponibili da applicare per l'eventuale esclusione totale o parziale delle aree esaminate.

14.1.5 Bibliografia

J. Berardinucci and K. Ronneseth (2002): *Guide to using the BC aquifer classification maps for the protection and management of groundwater - Ministry of Environment Water Protection & Sustainability Branch Province of British Columbia.*

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



R. Kreye, K. Ronneseth and M. Wei (1994): *An Aquifer Classification System for Ground Water Management in British Columbia – Ministry of Environment Water Protection & Sustainability Branch Province of British Columbia.*

Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e ss.mm.ii: “Testo aggiornato del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152, recante; Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”, a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n.258” – Gazzetta Ufficiale n.246 del 20 ottobre 2000-Supplemento Ordinario n.172.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 e ss.mm.ii.: “Norme in materia ambientale” – Gazzetta Ufficiale n.88 del 14 aprile 2006-Supplemento Ordinario n. 96

Decreto Legislativo 16 marzo 2009, n. 30: *Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall’inquinamento e dal deterioramento* – Gazzetta Ufficiale n.79 del 4 aprile 2009.

Documentazione tecnica e normativa allegata agli strumenti di tutela e pianificazione territoriale citati nel paragrafo *Dati di riferimento*.

14.2 RISORSE MINERARIE

14.2.1 Introduzione

Per l'applicazione del criterio di esclusione CE14 relativamente alle risorse minerarie è stato adottato un approccio graduale a diversi livelli di approfondimento come indicato nella procedura DN GS 0056 sia in termini di scala, relativamente alla porzione di territorio nazionale analizzato, sia a livello di metodologie di indagine.

Poiché tale tematica di indagine è orientata a valutare la presenza di risorse nel sottosuolo rispetto alle finalità indicate dal criterio CE14, si è tenuto presente, quale conseguenza della localizzazione del Deposito, sia la possibilità di perdita di potenziali risorse, soprattutto se spazialmente limitate, sia la probabilità che futuri scavi a scopi estrattivi possano interessare proprio l'area del sito di deposito e quindi deteriorarne l'integrità.

Riguardo l'individuazione della tipologia di risorse da considerare rilevanti ai fini dell'applicazione dell'esclusione del territorio in cui sono presenti, sono state considerate le cosiddette georisorse cioè minerali metalliferi, minerali e rocce di interesse industriale e idrocarburi, (la risorsa idrica è trattata nei precedenti paragrafi). Si è considerato che debbano dare esclusione quando caratterizzate da una elevata concentrazione e scarsa distribuzione areale. Al contrario, non sono state considerate escludenti le georisorse a distribuzione “diffusa” perché la distribuzione su aree vaste rende improbabile l'eventualità di una intrusione nel Deposito. Si è considerato inoltre che da un punto di vista economico la perdita di risorse a distribuzione concentrata oltre ad essere, a parità

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



di territorio, di entità maggiore rispetto a quelle “diffuse”, non consente l’individuazione di alternative di sfruttamento valide proprio a causa della distribuzione territoriale, mentre le potenzialità che sono caratterizzate da una distribuzione “diffusa” devono il loro valore alla abbondante distribuzione areale piuttosto che ad elevati valori presenti in porzioni concentrate di territorio, permettendo quindi l’individuazione di alternative valide.

Ai fini della localizzazione dei giacimenti noti delle georisorse potenzialmente escludenti sono state prese in esame quelle che richiedono autorizzazioni per lo sfruttamento e in particolare:

- Minerali solidi - MS
- Idrocarburi gassosi e liquidi - HC
- Geotermia - GT
- Cave di pregio (idrocarburi solidi, bitumi, pietre da taglio di particolare valore) - CP
- Stoccaggio di Gas Naturale - SG

Inoltre, sono state prese in considerazione le risorse potenziali, caratterizzate in studi specifici o le zone dove sono stati registrati valori di parametri fisici o e/o chimici (anomalie) tali da denotare una buona probabilità di presenza di georisorse industrialmente sfruttabili. A titolo del tutto esemplificativo, in campo minerario, risorse potenziali sono state considerate aree, pur non sfruttate, caratterizzate da anomalie geochemiche di elementi utili o da mineralizzazioni evidenti di minerali utili. Analogamente in campo geotermico o di giacimenti di idrocarburi, sono state considerate risorse potenziali quelle relative ad aree non ancora sfruttate o censite ma caratterizzate da gradienti termici, profondità ed estensione del serbatoio, compatibili con un utilizzo economicamente vantaggioso della risorsa a fini industriali e di produzione di energia elettrica.

14.2.2 Metodologia generale

La metodologia Sogin, come specificato nell’elaborato DN GS 00056, prevede, nei primi tre livelli di analisi, l’esclusione di aree a scala progressivamente da nazionale a sub-regionale, con analisi GIS su dati ufficialmente pubblicati o ottenuti da enti pubblici (ministeri, regioni, ecc.).

Nel caso specifico del criterio CE14 relativamente alle risorse geotermiche e minerarie si è fatto riferimento ai dati forniti dal MISE Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche (DGRME) riguardo le concessioni di sfruttamento e le istanze di sfruttamento delle risorse geotermiche (GT), di idrocarburi (HC) e di stoccaggio di gas naturale (SG). Tali dati sono disponibili in *shapefile* per tutto il territorio nazionale e sono stati utilizzati per le esclusioni di 1° livello (v. tab. 0/1).

Per quanto riguarda i dati relativi alle concessioni di minerali solidi (MS) e di pietre ornamentali e cave di pregio (CP), non essendo presenti dati recenti ufficiali uniformemente distribuiti su territorio nazionale né tanto meno dati in formato vettoriale (ad esclusione di dati relativi al territorio della regione Toscana) l’analisi è stata condotta in fase di *screening* manuale (5° livello di analisi). Ciò ha permesso l’acquisizione di dati su un numero di aree più limitato (aree non escluse al 4° livello della procedura CNAPI) sui quali è stato effettuato il lavoro di vettorializzazione e georeferenziazione di quelli cartografici.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Nelle fasi finali del lavoro di esclusione (sopralluoghi di campo del 6° livello di analisi) è stato possibile accertare l'assenza di attività estrattive e situazioni minerogenetiche non note, oltre all'assenza di punti di degassazione e sorgenti idrotermali.

14.2.3 Dati di base e metodologia specifica

14.2.3.1 Minerali solidi

14.2.3.1.1 Definizioni

Si tratta, di:

- Mineralizzazioni pegmatitico-pneumatolitico-idrotermali appartenenti a sistemi mineralizzanti con genesi degli arricchimenti variabile (sedimentaria, metamorfica o magmatica). Essenzialmente trattasi di depositi ad ossidi o solfuri e minerali di ganga (non metallici) presenti nelle aree dell'arco alpino e della Sardegna (di genesi alpina o prealpina), nell'Italia peninsulare tirrenica (di genesi prevalentemente terziaria o quaternaria). Depositi tipo *Porphyry copper* legati a distribuzioni di elementi utili diffusi su grandi estensioni areali di roccia. Tali depositi potenzialmente presenti nelle aree vulcaniche terziarie della Sardegna, e in minor misura del Lazio e della Toscana tirrenici e della Sicilia, devono la loro genesi alla mobilizzazione e rideposizione di elementi di origine magmatica, ad opera di acque meteoriche. Generalmente tali depositi sono caratterizzati da notevole diffusione areale e scarse concentrazioni e risultano di conseguenza verosimilmente poco significativi ai fini del presente lavoro;
- Depositi tipo placers o paleoplacers: si tratta di sistemi genetici legati a bacini fluviali, in cui l'arricchimento generalmente di minerali poco alterabili di elementi relativamente poco o limitatamente mobili (electrum, oro nativo) avviene per selezione fisico-chimica. Potenziali accumuli possono essere presenti in aree alluvionali che drenano il basamento cristallino alpino e della Sardegna, in corrispondenza di estesi bacini fluviali o paleobacini (paleoplacers). Anche tali depositi come quelli precedentemente menzionati ricadono nella tipologia di georisorse a concentrazione diffusa e per tale motivo sono scarsamente significativi ai fini del presente lavoro;
- Depositi sedimentari legati spesso ad arricchimenti dovuti a processi di dissoluzione carsica, come depositi di bauxite (tipici dell'arco appenninico e di età meso-cenozoica), ma talora anche a solfuri misti (Sardegna sud-occidentale);
- Depositi sedimentari evaporitici con arricchimento legato a differenziazione-migrazione meccanica in fase diagenetica (evaporitico siciliano).

14.2.3.1.2 Fonti dei dati di base

- Nazionali

Archivio RIMIN - Archivio delle risorse minerarie Nazionali comprendente sia le mineralizzazioni censite che aree di interesse, individuate con una campagna di studi, "Convenzioni", sviluppata tra il 1982 ed il 1998, commissionata dal Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato ad ENI.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Tale archivio rappresenta la fonte principale di reperimento dati di questo lavoro e consta di una considerevole quantità di dati geologici, geologico-strutturali, mineralogico-petrografici, geofisici e geochimici e ovviamente giacimentologici, tali da coprire con estrema completezza l'intero territorio nazionale, con cartografie anche di notevole dettaglio. Purtroppo la restituzione informatica dei dati delle convenzioni non è utilizzabile per la ormai totale indisponibilità degli strumenti hardware e software per la lettura dei dati dai vecchi supporti magnetici.

I dati utili sono stati estratti direttamente dalla documentazione cartacea ancora disponibile e dalla stampa dei microfilm nei quali, all'epoca, erano stati archiviati i documenti prodotti dalle convenzioni.

CMI (Catalogo Minerario Italiano 1928-1934) - cartografia scala 1:500.000 e 1:250.000 di censimento delle mineralizzazioni sfruttate.

Inventario delle miniere italiane 1870-2006 (ISPRA 2006) - Banca dati in formato excel delle mineralizzazioni sfruttate fino al 2006 suddivisa per Regioni.

- Regionali

Piano Regionale Attività Estrattive (PRAE)

Documento Programmatico Attività Estrattive (DPAE)

14.2.3.1.3 Metodologia specifica

Come già accennato l'archivio RIMIN rappresenta il documento principale per le risorse minerarie.

I dati sono risultati piuttosto eterogenei; tuttavia, per quasi tutte le convenzioni è presente una cartografia (di dettaglio variabile tra 1:250.000 e 1:5000) che riporta sia le aree mineralizzate censite che aree di interesse strategico individuate a mezzo di prospezioni di natura prevalentemente geochimica e mineraria (ma talora geofisica a seconda della mineralizzazione di interesse). La metodologia ha previsto la vettorializzazione di tali aree (discernendo ovviamente quelle di interesse reale). Come prima accennato le aree sono state diversificate in base alla effettiva entità dell'interesse (delineata già nei documenti RIMIN anche in base allo stato di approfondimento della ricerca) in 3 livelli di interesse e considerando ai fini delle esclusioni solo il livello I, mentre i livelli II e III sono stati comunque utilizzati per gli approfondimenti sul campo (analisi di 6° livello).

14.2.3.1.4 I riferimenti programmatici nazionali e le potenzialità attuali

In Italia la situazione programmatica in materia di estrazione di materie prime è ferma sostanzialmente al R.D. 1443/27 elaborato in situazioni politiche, economiche e sociali molto lontane dalle attuali.

L'attuale mercato interno ha un peso non secondario sull'economia nazionale (anche in relazione all'indotto), esso si riferisce sostanzialmente al settore dei materiali da costruzione o dei minerali industriali. Al contrario, per quanto riguarda le materie prime si registra che:

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- vi è stato l'abbandono delle coltivazioni minerarie classiche;
- non esistono attività estrattive per Terre Rare;
- non risultano condotte attività di ricerca mineraria.

14.2.3.1.5 Siting del deposito nazionale e aree di potenziale interesse minerario

Come detto in precedenza, gli ambienti geologici definiti di potenziale interferenza sono gli ambienti metallogenitici e geologici considerati ai fini delle esclusioni nella procedura CNAPI. A questo proposito è stato possibile evidenziare che:

1. Le aree interessate da mineralizzazioni a solfuri sono state escluse in relazione all'applicazione del criterio CE14. In tale fase inoltre sono state escluse anche le aree geochimicamente anomale potenzialmente interessate da situazioni geologiche di metallogenese così come individuato dalla prospezione di base intrapresa e riportata dall'Archivio RIMIN.
2. In Italia depositi di tipo "*porphyry copper*" (caratterizzati da areali estremamente diffusi) risultano estremamente improbabili e ad ogni modo, trattandosi di distribuzioni a bassa concentrazione ma su aree molto vaste, il tipo di risorsa viene considerato diffuso e non concentrato e non è quindi tale da interferire con il *siting*.
3. La situazione di depositi associati a filoni pegmatitici e di corpi granitoidi e relativi contatti metasomatici è limitata all'arco alpino (generalmente al di sopra dei 700 m di quota) ed alla Sardegna.
4. Gli ambienti carbonatici all'interno dei quali sono ospitati i depositi bauxitici sono stati esclusi dal CE9 (rocce solubili)
5. Riguardo i depositi di tipo *placers* o *paleoplacers*, le uniche zone di interesse potenziale potrebbero essere ubicate in pianura padana, in destra idrografica del Fiume Po (associate al drenaggio dell'arco alpino). Tali zone sono state escluse da altri criteri di esclusione legati essenzialmente a bassi valori di soggiacenza della falda. Anche nel caso dei depositi di tipo alluvionale inoltre le concentrazioni di minerale risultano generalmente basse, rendendo plausibile una ascrizione di tali depositi a risorsa "diffusa"
6. Per gli ambienti metamorfici vale quanto detto per il punto 3
7. Rocce Verdi. Grandi sistemi di rocce ultrabasiche sono presenti nell'arco alpino, in Toscana, Emilia e in Basilicata (Pollino). Le zone alpine e appenniniche sono state escluse nella fase di livello 1° della procedura a causa della quota, le altre aree caratterizzate da affioramenti ofiolitiferi hanno subito l'esclusione per diversi motivi morfologici (classi di pendenza), programmatici (presenza di aree protette) ecc.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



14.2.3.1.6 Conclusioni

Nell'ambito dell'analisi del territorio nazionale finalizzata alla possibilità di interferenza tra la realizzazione del deposito e azioni volte all'approvvigionamento di materie prime non energetiche si può affermare che pur non potendo del tutto escludere potenzialità di georisorse legate a situazioni peculiari, si può verosimilmente ritenere molto bassa la possibilità che eventuali future azioni di ricerca o coltivazione delle risorse in oggetto possano interferire con la presenza del deposito nazionale in una delle aree selezionate dalla CNAPI.

14.2.3.2 Idrocarburi liquidi e gassosi

14.2.3.2.1 Dati di base

Sono stati considerati per le esclusioni i limiti delle concessioni e delle istanze di concessione di sfruttamento in terra ferma, pubblicati dal Ministero dello Sviluppo Economico MISE, direzione DGRME ed in seconda analisi anche le delimitazioni delle aree di permesso e di istanza di ricerca (dati di medesima provenienza).

Ulteriori riferimenti sull'estensione dei campi derivano da:

- IHS *energy group*, delimitazione dei *reservoirs* su scala nazionale. Tali dati, rappresentano un riferimento verosimile ai fini di una ulteriore rifinitura rispetto ai titoli minerari.
- RSE S.p.A.
- Martinelli G. et Alii (2012) *cdn-intechopen: "Geological and Geochemical Setting of Natural Hydrocarbon Emissions in Italy"*

14.2.3.2.2 Metodologia specifica

I dati sono stati scaricati in formato vettoriale dal sito web del MISE, sotto forma di *file* kmz. La sovrapposizione delle aree di concessione e di istanza di concessione ha generato esclusioni nel 1° livello di analisi della procedura CNAPI (DN GS 0056). Un successivo approfondimento sulla base delle perimetrazioni di istanza di permesso di ricerca e di permesso di ricerca integrati dalla presenza di campi di idrocarburi noti in bibliografia è stato condotto sulle aree non escluse al 6° livello della procedura. Tali perimetrazioni risultano generalmente piuttosto estese e "sovradimensionate" rispetto a quelle dei giacimenti effettivi. Si consideri inoltre che nel caso di esito negativo della ricerca o di rinuncia, i permessi valgono per 6 anni superati i quali decade il titolo (o viene eventualmente trasferito ad altra società). Per tali motivi è stato deciso di non eliminare le aree non escluse al 6° livello della procedura ricadenti nelle suddette perimetrazioni, ma di segnalarle ai fini di uno studio specifico da condurre nelle fasi successive di monitoraggio e caratterizzazione previste dalla normativa nelle Aree Idonee alla localizzazione del Deposito Nazionale.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



14.2.3.3 Risorse geotermiche

14.2.3.3.1 Dati di base

Sono stati acquisiti:

- i dati pubblici riportati dal Ministero dello Sviluppo Economico DGRME riguardo:
 1. i titoli minerari relativi alle concessioni di sfruttamento, le istanze di concessione, permessi ed istanze di permesso di ricerca;
 2. le sorgenti geotermiche censite, presenti sul territorio nazionale;
 3. le curve isoterme ed isoflusso di calore elaborate sulla base del censimento dei dati geotermici nazionali (L. 9 dicembre 1986 n. 896). Analogamente a quanto espresso nel precedente paragrafo relativo agli idrocarburi, con riguardo ai titoli di permesso di ricerca ed alle istanze di permesso è stato eseguito un approfondimento sulle aree non escluse derivanti dal 6° livello della procedura di esclusione;
- i dati relativi ai punti di degassamento naturale forniti dall'INGV;
- *database* pubblici specifici.

14.2.3.3.2 Metodologia adottata

I dati provenienti dall'archivio INGV relativi ai punti di degassamento naturale e i dati pubblici sulle convenzioni minerarie derivanti dall'archivio delle risorse del MISE relativi a concessioni ed istanze di concessione sono stati trattati nel livello 1 della procedura di analisi (DN GS 0056).

Le situazioni geotermiche relative a fonti a bassa-bassissima entalpia, "piccole utilizzazioni locali" vengono considerate risorse a distribuzione diffusa e non risorse di "pubblica utilità" e quindi esulano dalla procedura di esclusione.

Mentre le concessioni e le istanze di concessione hanno determinato esclusione in fase di 1° livello della procedura. Analogamente a quanto fatto riguardo ai titoli minerari di sfruttamento di idrocarburi, sono stati valutati i perimetri relativi ai permessi e alle istanze di permesso di ricerca. Tale approfondimento pur non comportando esclusioni ha evidenziato le aree sulle quali prevedere in fase di caratterizzazione successiva specifici programmi di indagine come riportato nel seguito.

Riguardo la classificazione delle risorse geotermiche, il D.Lgs. 22 dell'11 febbraio 2010 definisce, tra l'altro, le risorse geotermiche di pubblica utilità e quelle relative a piccoli utilizzi locali come segue: "Sono d'interesse nazionale le risorse geotermiche ad alta entalpia, o quelle economicamente utilizzabili per la realizzazione di un progetto geotermico, riferito all'insieme degli impianti nell'ambito del titolo di legittimazione, tale da assicurare una potenza erogabile complessiva di almeno 20 MW termici", mentre sono di competenza regionale gli impianti di "pubblica utilità" di potenza nominale inferiore (seppur con alcune differenze tra regione e regione). Inoltre la normativa vigente, modificata dal Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 e dall'articolo 28 del Decreto Legge 18 ottobre 2012, n. 179, prevede che al fine di promuovere la ricerca e lo sviluppo di nuove centrali geotermoelettriche a ridotto impatto ambientale sono considerati di interesse nazionale i fluidi geotermici a media ed alta entalpia finalizzati alla

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



sperimentazione, su tutto il territorio nazionale, di impianti pilota con reiniezione del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza e con potenza nominale installata non superiore a 5 MW per ciascuna centrale.

Sono piccole utilizzazioni locali quelle che consentono la realizzazione di impianti di potenza inferiore a 2 MW termici, ottenibili dal fluido geotermico alla temperatura convenzionale dei reflui di 15 gradi centigradi ottenuti mediante l'esecuzione di pozzi di profondità fino a 400 metri per ricerca, estrazione e utilizzazione di fluidi geotermici o acque calde, comprese quelle sgorganti da sorgenti per potenza termica complessiva non superiore a 2 MW termici, anche per eventuale produzione di energia elettrica con impianti a ciclo binario ad emissione nulla.

In base a ciò vengono considerate in questo studio ai fini delle esclusioni per presenza di risorse geotermiche quelle definite di "pubblica utilità" dalla suddetta normativa.

In considerazione di una verosimile evoluzione delle tecnologie vengono considerate due prospettive di sviluppo: una a) di miglioramento delle tecniche di sfruttamento di risorse profonde e una b) di evoluzione tecnica degli impianti in grado di sfruttare temperature relativamente basse.

Si individuano quindi le ulteriori possibilità di sfruttamento:

- a) di risorse di interesse nazionale (>150°C) fino alla profondità di 3000 m (contro gli attuali 2000 circa);
- b) di risorse a media entalpia di interesse regionale o nazionale (>100°C) a profondità di circa 2000 m verosimilmente in grado di alimentare impianti per la produzione di energia elettrica economicamente vantaggiosi.

Non vengono considerate le piccole produzioni locali sia perché non "di pubblica utilità" sia perché afferenti ad una risorsa estremamente diffusa soprattutto in un territorio, come quello italiano, caratterizzato da gradienti geotermici spesso elevati.

In tale contesto, oltre alle esclusioni determinate nel corso del 1° livello di analisi della procedura, sono state considerate le perimetrazioni dei permessi di ricerca e delle istanze di permesso riportate dal MISE (ufficio *Unmig*) ricadenti in aree con caratteristiche del flusso geotermico, delle isoterme e delle profondità del tetto del serbatoio geotermico compatibili con le potenzialità riportate ai precedenti punti a) e b). Tali perimetrazioni risultano generalmente piuttosto estese e "sovradimensionate" rispetto alla presenza effettiva della risorsa.

Si consideri inoltre che mentre per le istanze di permesso di ricerca non esiste la certezza di un conferimento di titolo, per i permessi è previsto che in caso di mancata istanza di concessione entro 4 anni questi decadano. Per tale motivo è stato deciso di non fare esclusioni nel corso delle analisi di 6° livello delle aree ricadenti nelle suddette perimetrazioni, ma di segnalarle nelle relazioni di inquadramento di area ai fini di una caratterizzazione nelle successive fasi di monitoraggio e caratterizzazione previste dalla normativa per le aree oggetto di intesa (D.Lgs. 31/2010 e ss.mm.ii.).

Per tutte le aree di 6° livello è stata inoltre condotta una ulteriore analisi commissionata al Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pisa (DN GS 00194). Tale valutazione integra le informazioni messe a disposizione dal MISE e, partendo dalla definizione di Risorse e Riserve, fornisce una valutazione di potenzialità delle aree come descritto nel seguito.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Una “*Risorsa geotermica*” è una porzione di territorio, in esplorazione mineraria geotermica (*Play* in senso minerario, olio e gas), dove esistono ragionevoli indicazioni, qualitative e quantitative, della esistenza di prospetti idonei ad una eventuale estrazione economica di energia. Le risorse geotermiche sono suddivise, in ordine di conoscenze geologiche via via maggiori, in risorse presunte, individuate e misurate. In particolare le risorse geotermiche presunte sono tali perché l’ “Energia Termica in Posto” può essere stimata solamente con un basso livello di confidenza. Questa classificazione deriva dalle evidenze geologiche, geochimiche e geofisiche ma non indica l’entità o la capacità di produrre energia geotermica.

Si sottolinea, come già accennato, che per l’applicazione del criterio d’esclusione CE14 sono state considerate e (eventualmente) escluse le aree ricadenti in zone caratterizzate da un contesto geotermico tale da poter essere sfruttato potenzialmente ai fini della produzione di energia elettrica e quindi, sostanzialmente, risorse geotermiche presunte di media o alta entalpia, (indipendentemente se di competenza regionale o nazionale) di “pubblica utilità”.

14.2.3.4 Cave di pregio

14.2.3.4.1 Definizione

Con questa definizione si è inteso estendere la considerazione a quelle coltivazioni, generalmente di importanza locale, non ascrivibili alle “pietre ornamentali”, ma ritenute alla base dell’indotto di comunità più o meno estese, ciò perché tali coltivazioni proprio per la loro distribuzione e peculiarità possono essere considerate risorse a “distribuzione concentrata”, indipendentemente dal valore intrinseco.

14.2.3.4.2 Dati di base

- Nazionali

Archivio RIMIN per i dati degli studi sui materiali da cava presenti nelle convenzioni.

- Regionali

- Piano Regionale Attività Estrattive (PRAE), Documento Programmatico Attività Estrattive (DPAE) e documenti di censimento cave così distribuiti:

- Sardegna, PRAE;
- Emilia Romagna, Geoportale, *shape* delle cave;
- Lazio, PRAE;
- Toscana, Geoportale, cave;
- Piemonte, cave solo di inerti;
- Lombardia, PRAE + Catasto provinciale cave;
- Puglia, PRAE.

I dati, vista la natura disomogenea sia in termini di scala che di formato, sono stati trattati per applicare le esclusioni solo in fase di 5° livello della procedura (DN GS 00056). In considerazione di un possibile ulteriore sviluppo delle aree di cava di pietre ornamentali,

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



sono state considerate come appetibili le aree individuate nei PRAE come “risorse potenziali”.

14.2.3.5 Stoccaggio di gas naturale

14.2.3.5.1 Dati di base

Sono stati considerati i dati pubblici riportati dal Ministero dello Sviluppo Economico (direzione DGRME) riguardo i titoli relativi alle concessioni di sfruttamento effettive e richieste. Tali dati sono scaricabili dal sito dell'UNMIG direzione DGRME, sotto forma di *file* .kml, con vettori che descrivono i poligoni di concessione. Questi dati, ufficiali e disponibili già in formato di *shape*, sono stati utilizzati per applicare le esclusioni nella fase di analisi di 1° livello (DN GS 00056).

14.2.4 Bibliografia

APAT (2006) – I siti minerari italiani (1870-2006).

Aquater, ENI, Provincia Autonoma di Bolzano, Ente Minerario Sardo (1982-1998) - Archivio RIMIN: Ricerca Mineraria Nazionale di base (L. 6 ottobre 1982), commissionata dal Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato ad ENI.

Consorzio LAMMA - Georisorse della Regione Toscana (data consultazione sito web maggio 2014)

Elaborato Sogin DN GS 00103 (2014) - Le risorse minerarie e geotermiche del territorio nazionale Studio preliminare finalizzato all'applicazione del CE14 per la realizzazione della CNAPI.

Elaborato Sogin DN GS 00194 (2014) - Acquisizione dati e realizzazione *geodatabase* delle risorse geotermiche e dei processi idrotermali rilevanti ai fini dell'applicazione dei criteri CE14 e CA1.

Martinelli G., Cremonini S. and Samonati E. (2012) - Geological and Geochemical Setting of Natural Hydrocarbon Emissions in Italy, Advances in Natural Gas Technology, Dr. Hamid Al-Megren (Ed.), ISBN: 978-953-51-0507-7, InTech.

Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato (1993) - “Valutazione del potenziale geotermico nazionale” a cura di Geotermica Italiana s.r.l., in applicazione della L. 9 dicembre 1986 n. 896. S.T.A.R., Servizio Tecnografico Area di Ricerca del CNR, Pisa, 256/115.

Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato (1993) - “Valutazione del potenziale geotermico nazionale, Inventario delle risorse geotermiche di bassa

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



temperatura di Lombardia, Veneto, Emilia Romagna” a cura di Geotermica Italiana s.r.l., con incarico ENEA – Roma, in applicazione della L. 9 dicembre 1986 n. 896.

Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato (1994) - “Inventario delle risorse geotermiche nazionali, Studio idrogeochimico e termico per la valutazione della Sicilia occidentale”, a cura di Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche di Pisa, in applicazione della L. 9 dicembre 1986 n. 896.

Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato (1994) - “Inventario delle risorse geotermiche nazionali, Valutazione di dettaglio delle strutture profonde nella pianura del F. Arno nella provincia di Pisa”, a cura di Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche di Pisa, in applicazione della L. 9 dicembre 1986 n. 896.

Ministero dello Sviluppo Economico - Concessioni e istanze di concessioni per la coltivazione idrocarburi, risorse geotermiche e stoccaggio di gas naturale (data consultazione sito web agosto 2014)

Regione Lazio (2007) - Piano Regionale Attività Estrattive (PRAE).

Regione Puglia (2007) - Piano Regionale Attività Estrattive (PRAE).

Regione Sardegna (2007) - Piano Regionale Attività Estrattive (PRAE).

14.3 VERIFICHE SUCCESSIVE AL 2015

Negli anni successivi alla prima redazione della CNAPI è stato costantemente monitorato l'eventuale aggiornamento dei dati di riferimento utilizzati e verificata la disponibilità di nuovi elementi (database, bollettini ufficiali, pubblicazioni scientifiche, ecc.) che avrebbero potuto modificare il perimetro delle Aree Potenzialmente Idonee. L'insieme delle attività di verifica svolte, anche in presenza di aggiornamenti o nuovi dati di base, ha evidenziato la completa validità attuale della CNAPI elaborata nel 2015 per quanto attiene al criterio CE14.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



15 CE15 – ESCLUSIONE DELLE AREE CARATTERIZZATE DALLA PRESENZA DI ATTIVITA' INDUSTRIALI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE, DIGHE E SBARRAMENTI IDRAULICI ARTIFICIALI, AEROPORTI O POLIGONI DI TIRO MILITARI OPERATIVI

15.1 INTRODUZIONE

Il criterio di esclusione CE15 contenuto nella GT29 prevede l'esclusione delle aree caratterizzate dalla presenza di attività industriali a rischio di incidente rilevante, dighe e sbarramenti idraulici artificiali, aeroporti o poligoni di tiro militari operativi, specificando: *“In presenza di dighe e sbarramenti idraulici artificiali devono essere escluse le aree potenzialmente inondabili in caso di rottura dello sbarramento.”*

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The site should be located so that activities carried out by present, or future, generations at or near the site will not be likely to affect the isolation capability of the disposal system. Areas in the immediate vicinity of major hazardous facilities, airports or transport routes carrying significant quantities of hazardous materials should be evaluated.”*

Si tratta di un criterio cautelativo che tende a minimizzare significativamente la probabilità di accadimento di fenomeni di disturbo antropico che possano compromettere l'integrità del deposito.

Considerata la sensibile eterogeneità degli argomenti oggetto del criterio e dei dati disponibili si sono rese necessarie operazioni di integrazione di diverse fonti e analisi condotte per successivi livelli di approfondimento. Tali operazioni sono descritte nel seguito.

15.2 ATTIVITA' INDUSTRIALI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

L'assenza di attività industriali a Rischio di Incidente Rilevante (RIR, in base al D.Lgs. 334/99 e successivo aggiornamento tramite D.Lgs. 21 settembre 2005 n. 238) nelle aree potenzialmente idonee è stata verificata nel corso delle analisi di 1° e 6° livello sulla base dei dati forniti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) nell'aprile 2014.

15.2.1 Applicazione e dati di riferimento

Il 1° livello di analisi è stato attuato partendo dallo *shapefile* fornito dal MATTM, costituito da elementi puntuali rappresentanti i centroidi degli stabilimenti RIR presenti sul territorio nazionale; tali dati provengono dall'inventario degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti ai sensi dell'Art.15, comma 4 del D.Lgs 334/99 e s.m.i., predisposto da MATTM e ISPRA (anche consultabile sul portale *webdel MATTM*).

Per l'esclusione al 1° livello, è stato generato un *buffer* di 1 km attorno ai punti di localizzazione degli stabilimenti. La scelta di questo *buffer* minimo è stata fatta in analogia con quanto previsto nel DPCM 25/2/2005 *“Linee Guida per la predisposizione del piano d'emergenza esterna di cui all'articolo 20, comma 4, del decreto legislativo 17 agosto 1999, n. 334”* dove è stabilito che per la redazione dei Piani di Emergenza Esterna (PEE) *“i dati e le informazioni da individuare sono quelli relativi agli insediamenti e alle*

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



infrastrutture presenti all'interno delle aree potenzialmente interessate dagli incidenti rilevanti e comunque con un'estensione non inferiore al raggio di 1 km dallo stabilimento". L'applicazione di questo criterio ha determinato l'esclusione di circa l'1% del territorio italiano (Fig. 15.2/1).

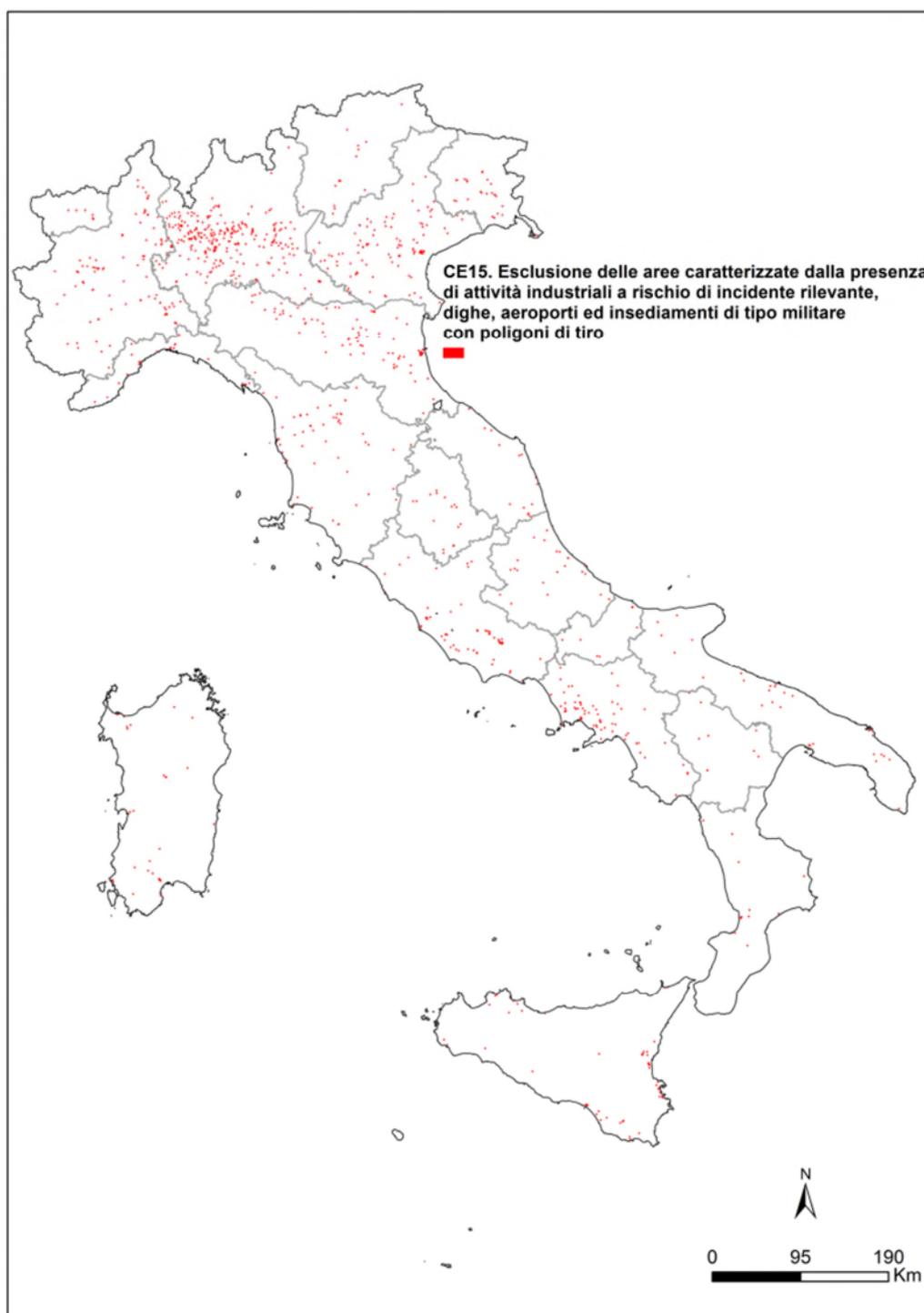


Figura 16.2/1 - Esclusione di 1° livello per l'intero territorio nazionale riguardante la sola esclusione degli impianti a rischio di incidente rilevante (RIR)

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



L'analisi di 6° livello, eseguita sulle aree non escluse risultanti dalla sovrapposizione dei precedenti livelli di analisi, ha previsto una verifica della loro effettiva distanza dai perimetri degli stabilimenti RIR. Con tale finalità tramite il GIS sono stati selezionati i centroidi degli stabilimenti che si trovavano a distanza inferiore ai 5 km dalle aree non escluse; successivamente, con l'ausilio di foto aeree, sono stati definiti i perimetri reali degli impianti selezionati e verificato che le distanze rispetto alle aree non escluse fossero superiori al chilometro. Nel caso in cui tali distanze sono risultate inferiori le aree non escluse sono state ripерimetrate.

15.2.2 Verifiche successive al 2015

Con il decreto legislativo 26 giugno 2015, n.105 è stata recepita la direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose. Le disposizioni previste dal D.Lgs.105/2015 rappresentano lo sviluppo di quelle contenute nel precedente D.Lgs. 334/1999 introducendo obblighi per le Autorità competenti di predisporre un piano di ispezione nazionale per stabilimenti di soglia superiore¹³ redatto dal Ministero dell'Interno in collaborazione con ISPRA e i piani di ispezione regionali per gli stabilimenti di soglia inferiore¹⁴ a cura delle Regioni. Per effettuare le verifiche sull'assenza di attività industriali a Rischio di incidente rilevante nelle aree potenzialmente idonee sono state periodicamente richieste le liste aggiornate degli impianti soggetti al D.Lgs.105/2015 al Ministero dell'Ambiente, eseguendo la medesima procedura del 6°livello.

13

D.Lgs. 105/2015 – Soglia Superiore Stabilimenti nei quali le sostanze pericolose sono presenti in quantità pari o superiori alle quantità elencate nella colonna 3 della parte 1 o nella colonna 3 della parte 2 dell'allegato I, applicando, ove previsto, la regola della sommatoria di cui alla nota 4 dell'allegato I;

¹⁴ *D.Lgs. 105/2015 – Soglia Inferiore Stabilimenti nei quali le sostanze pericolose sono presenti in quantità pari o superiori alle quantità elencate nella colonna 2 della parte 1 o nella colonna 2 della parte 2 dell'allegato I, ma in quantità inferiori alle quantità elencate nella colonna 3 della parte 1, o nella colonna 3 della parte 2 dell'allegato I, applicando, ove previsto, la regola della sommatoria di cui alla nota 4 dell'allegato I*

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



15.3 DIGHE E SBARRAMENTI IDRAULICI ARTIFICIALI

Tale argomento è stato oggetto di analisi negli ultimi due livelli della procedura. Nel livello 5° è stata verificata l'assenza di dighe all'interno delle aree non escluse dai precedenti livelli, effettuando se necessario le opportune ripериметrazioni, mediante l'analisi di foto aeree e la consultazione del *web GIS* disponibile al *link del Portale del Servizio Geologico d'Italia*. E' stato inoltre effettuato un controllo speditivo, mediante le carte topografiche (1:25.000 e 1:10.000) e le aerofotografie disponibili, riguardo la presenza di aree potenzialmente inondabili nei casi in cui era presente uno sbarramento nelle vicinanze o a monte delle aree. In alcuni casi sono state effettuate ripериметrazioni. I casi dubbi sono stati segnalati per le analisi del livello successivo. Nel 6° livello, tramite raccolta di ulteriori dati locali e sopralluoghi in campo, sono state effettuate alcune verifiche dei casi dubbi segnalati in precedenza. A seguito dei rilievi ISPRA sono state effettuate ulteriori valutazioni in un caso specifico.

15.4 AEROPORTI

Come indicato dalla guida IAEA SSG-29 (2014), l'analisi compiuta del territorio riguardo la presenza degli aeroporti sarà oggetto delle successive fasi di localizzazione: *"In the site characterization and site confirmation stages, in order to estimate any adverse impact that off-site installations might have on the projected disposal system, the following information should be collected:*

...

- The location of airports and important air traffic corridors and flight frequencies;"

In questa fase sono state svolte analisi preliminari articolate in due livelli di analisi, il 5° e il 6° della procedura di realizzazione della CNAPI.

Nel 5° livello, per le aree non escluse dai precedenti livelli, è stata verificata tramite foto aeree la presenza di aeroporti all'interno delle aree e nelle loro vicinanze. Nei soli tre casi in cui la presenza di aeroporti interessava aree non escluse, le aree sono state ripериметrate manualmente in ambiente GIS procedendo all'esclusione del perimetro osservabile dalle foto aeree e di tutte le tipologie di zone di tutela individuate nei piani di rischio per gli aeroporti maggiori così come riportate nel regolamento ENAC (2003), prendendo come riferimento le piste di volo visibili nelle foto aeree (fig. 15.4/1). Tali zone di tutela denominate A, B, C e D (vedi figura) prevedono vincoli decrescenti all'edificazione e alla tipologia di attività compatibili.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---

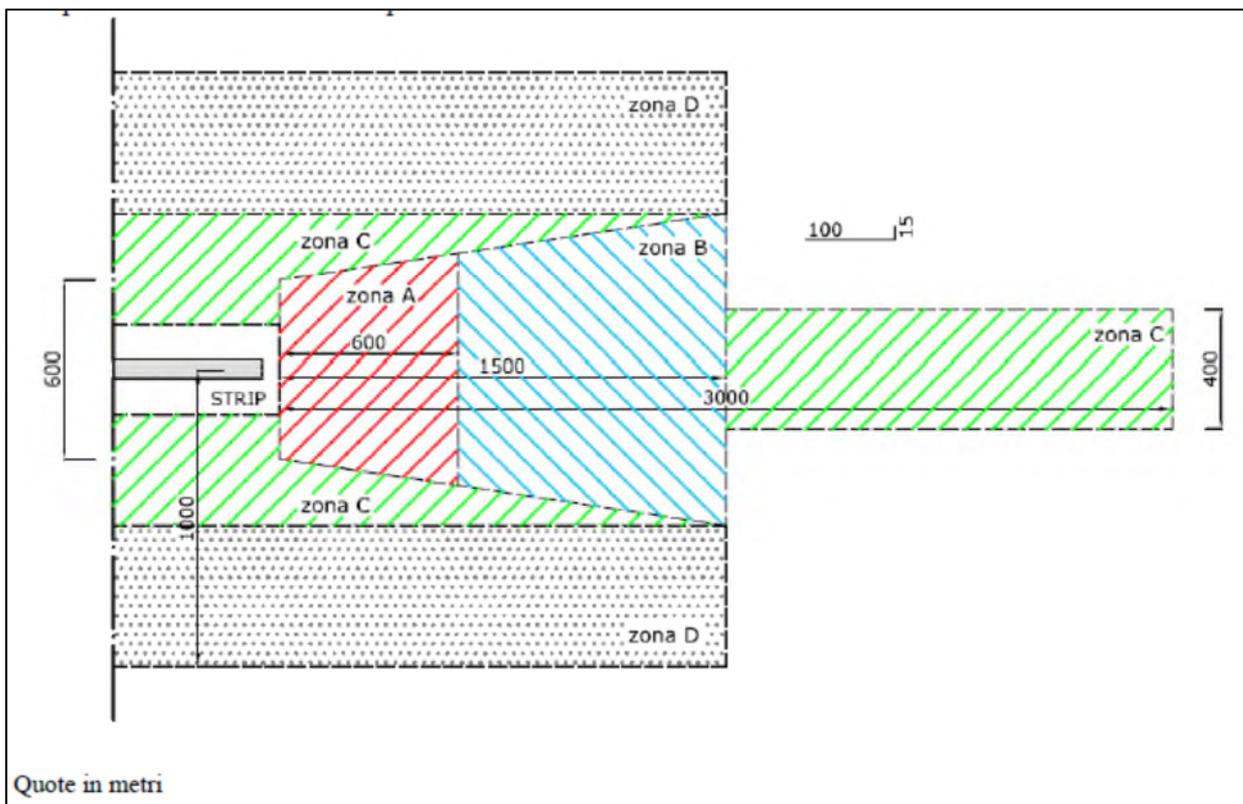


Figura 15.4/1 – Zone di tutela individuate nei piani di rischio per gli aeroporti maggiori

Nel sesto livello di analisi è stata svolta un'ulteriore analisi per le aree non escluse, richiedendo, per gli aeroporti civili, il diretto supporto di ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile). L'Ente ha prodotto un'apposita relazione tecnica (doc. DNGS00303¹⁵), cui si rimanda per approfondimenti. Di seguito si riporta una breve sintesi delle attività svolte.

ENAC ha effettuato un primo *screening* del territorio, individuando tutti gli aeroporti delle varie tipologie che potessero ancora interessare le aree non escluse, entro distanze definite. Sono stati individuati 15 aeroporti maggiori e 7 minori per i quali sono state effettuate le successive verifiche. Sulla base delle varie tipologie di vincoli aeronautici vigenti ed applicabili (tabelle 15.4/1 e 15.4/2), sono state effettuate esclusioni di intere aree ricadenti all'interno di alcune zone vincolate per 4 aeroporti tra quelli selezionati in precedenza (raggi di 10 e 15 km; "code 3" e "code 4" di tab 15.4/2).

¹⁵ ENAC (2015) - Definizione delle modalità operative per l'applicazione del criterio di esclusione riguardante gli aeroporti. Doc. Sogin DN GS 00303

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Tab. 15.4/1

VINCOLO AERONAUTICO			
COMPONENTE/ STRUMENTO	TIPOLOGIA DI VINCOLO	RIFERIMENTO NORMATIVO	RIFERIMENTO REGOLAMENTARE
MAPPE DI VINCOLO	TUTELA DELLE OPERAZIONI	CODICE DELLA NAVIGAZIONE art. 707 co. 3	RCEA – cap. 4 § 2-8
BRA (<i>building restricted area</i>)	TUTELA DELLE OPERAZIONI	CODICE DELLA NAVIGAZIONE art. 713	ICAO EUR DOC 015
PIANI DI RISCHIO	TUTELA DEL TERRITORIO	CODICE DELLA NAVIGAZIONE art. 707 co. 5	RCEA – cap. 9 § 6 POLICY ENAC third party risk manag.

Tab. 15.4/2

VINCOLO AERONAUTICO			
COMPONENTE/ STRUMENTO	POSSIBILE CRITERIO SELETTIVO		NOTE
MAPPE DI VINCOLO	CODE 4	CIRC. CENTRO IN ARP* DI RAGGIO 15 km	Per apt con pista >1800 m, 15 km è la proiezione a terra della OHS** quindi si esclude tutta l'area TO, APP o circuitazione
	CODE 3	CIRC. CENTRO IN ARP DI RAGGIO 10 km	Per apt con pista <1800 m ma >1200 m, 10 km è la proiezione a terra della OHS* quindi si esclude tutta l'area TO, APP*** o circuitazione
	CODE 1 o 2	CIRC. CENTRO IN ARP DI RAGGIO 5 km	Per apt con pista <1200 m, 5 km è la massima proiezione a terra del bordo esterno della CS
BRA (<i>building restricted area</i>)	CIRCONFERENZA CENTRO RADIO-ASSIST. RAGGIO 600 m		Si è preso a riferimento la superficie di protezione BRA per radioassistenze omni-direzionali (VOR, DME, RADAR e COM) individuando il raggio più cautelativo
PIANI DI RISCHIO	APT UP TO 50.000 mov. OFFSET PISTA 1 KM LATERALE E 10 KM OLTRE LE TESTATE		Si tratta nella peggiore delle condizioni del margine esterno delle curve iso-rischio art. 715 che si riferisce ad una probabilità statistica di 1×10^{-6} corrispondente alla probabilità di morte per cause naturali

* ARP: *Aerodrome Reference Point*

** OHS: *Outer Horizontal Surface*;

** TO, APP: *Take Off; Approach*

Quadro di riferimento normativo e regolamentare

- Codice della Navigazione come innovato dal D. Lgs. 9 maggio 2005, n. 96, parte II, Libro I, Titolo III, Capo III “*vincoli alla proprietà privata*” in particolare artt. 707, 713 e 715;
- Regolamento ENAC per la Costruzione ed Esercizio degli Aeroporti (RCEA), in particolare capp. 4 e 9 – recepimento ANNEX 14 ICAO;
- ICAO EUR DOC 015;

Per quanto riguarda gli aeroporti militari, la verifica nel 6° livello di analisi è stata effettuata unitamente a quella dei poligoni militari, descritta nel prossimo paragrafo.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Verifiche successive al 2015

Nel 2019 è stato richiesto ad ENAC se successivamente al 2015 fossero intervenute variazioni infrastrutturali o normative. ENAC ha comunicato che le innovazioni normative verificatesi non hanno influito sulle modalità di esclusione a suo tempo definite ed ha quindi confermato ad oggi la validità dall'applicazione del criterio.

15.5 POLIGONI DI TIRO MILITARI OPERATIVI

Le verifiche riguardo tale argomento sono state svolte nel 6° livello di analisi. Per esaminare i possibili vincoli sulle aree non escluse dai precedenti livelli per quanto attiene la presenza di poligoni di tiro militari ed in generale di altre installazioni, servitù ed aeroporti militari, è stato richiesto il supporto del Ministero della Difesa. L'esito di tali verifiche ha comportato l'esclusione di alcune aree.

Anche per questo aspetto nel 2019 è stato richiesto al Ministero della Difesa di comunicare eventuali variazioni intercorse ed è stato rappresentato che nessuna variazione ha interessato le Aree Potenzialmente Idonee.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16 CRITERI DI APPROFONDIMENTO

Come indicato nella GT29 *‘i Criteri di Approfondimento sono stati definiti per consentire la valutazione delle aree individuate a seguito dell’applicazione dei criteri di esclusione. La loro applicazione può condurre all’esclusione di ulteriori porzioni di territorio all’interno delle aree potenzialmente idonee e ad individuare siti di interesse. Questi criteri sono altresì utili ai fini dell’eventuale elaborazione di un ordine di idoneità delle aree potenzialmente idonee e per una caratterizzazione dei siti di interesse.’*

I “criteri di approfondimento” hanno determinato l’esclusione di aree o parti di esse in fase di redazione della CNAPI solo nei casi in cui si sono combinati i seguenti due fattori:

- adeguata disponibilità di dati per l’analisi richiesta,
- individuabilità di un metodo d’esclusione oggettivo.

I criteri di approfondimento che rispondono a questi requisiti sono stati essenzialmente cinque:

- CA2 - presenza di movimenti verticali significativi del suolo;
- CA4 - presenza di bacini imbriferi di tipo endoreico;
- CA5 - presenza di fenomeni di erosione accelerata;
- CA10 - presenza di *habitat* e specie animali e vegetali di rilievo conservazionistico, nonché di geositi;
- CA 11 - produzioni agricole di particolare qualità e tipicità e luoghi di interesse archeologico e storico

I “criteri di approfondimento”, o parte degli argomenti in essi contenuti, quando adeguati, sono stati utilizzati inoltre per definire un ordine di idoneità come richiesto dal D.Lgs. 31/10 e ss.mm.ii..

Nello specifico, quelli utilizzati sono stati:

- CA10 - presenza di *habitat* e specie animali e vegetali di rilievo conservazionistico, nonché di geositi;
- CA11 - produzioni agricole di particolare qualità;
- CA12 - disponibilità di vie di comunicazione primarie e infrastrutture di trasporto.

Per la trattazione approfondita del sistema proposto da Sogin per la classificazione delle Aree Potenzialmente Idonee (API), si rimanda all’elaborato DNGS00226 che descrive dettagliatamente la metodologia adottata e i risultati ottenuti.

Degli argomenti contenuti negli altri criteri di approfondimento, come si vedrà nella lettura delle relazioni di inquadramento dedicate alle Aree Potenzialmente Idonee, è stata data una preliminare descrizione quando questa è stata possibile in base ai dati bibliografici disponibili e a rilievi speditivi sul campo.

Segue una trattazione dei criteri di approfondimento, con particolare attenzione a quelli utilizzati per operare esclusioni di porzioni di territorio.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.1 PRESENZA DI MANIFESTAZIONI VULCANICHE SECONDARIE (CA1)

Il criterio di approfondimento CA1 contenuto nella GT29 chiede di valutare la presenza di manifestazioni vulcaniche secondarie, specificando che:

“In sede di caratterizzazione di dettaglio devono essere valutati ulteriori aspetti significativi, come ad esempio la presenza di aree interessate da manifestazioni vulcaniche secondarie e da presenza di prodotti vulcanici rimaneggiati da flusso superficiale e/o gravitativo. Ci si riferisce anche a fenomeni non evidenziati nell’applicazione del criterio CE1.”

Per i riferimenti IAEA della SSG-29 (2014) si rimanda a quanto riportato nel capitolo relative al criterio di esclusione CE1

Nella presente fase di localizzazione sono state eseguite alcune verifiche speditive nel corso del 6° livello di analisi per rilevare la presenza nota di emissioni di gas e/o di acque calde (sorgenti termali) all’interno delle aree non escluse o nelle loro immediate vicinanze. La completa verifica del criterio richiede indagini dirette proprie delle successive fasi del processo di localizzazione.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.2 PRESENZA DI MOVIMENTI VERTICALI SIGNIFICATIVI DEL SUOLO (CA2)

16.2.1 Introduzione

Il criterio di approfondimento CA2 contenuto nella GT29 chiede di valutare la presenza di movimenti verticali significativi del suolo, specificando che:

“Questi fenomeni sono legati a cause naturali di tipo geologico e/o di natura antropica”.

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The geology of the disposal site... should also contribute to the stability of the disposal system”* e *“In the application of site selection criteria, the following conditions should be considered:...The potential for natural events such as subsidence or volcanic activity that could change the regional hydrogeological system...”*.

Con la finalità di analizzare i movimenti verticali significativi del suolo è stato creato un *database* geografico per la gestione dell'archivio relativo agli spostamenti superficiali ottenuti da dati radar-satellitari. Tutti i fenomeni che producono spostamenti o deformazioni superficiali relativamente lenti infatti, sono potenziali campi di applicazione della tecnica radar interferometrica.

Tra le possibili applicazioni di questa tecnica si possono citare:

- fenomeni franosi;
- subsidenza;
- movimenti di strutture (in particolari casi favorevoli);
- sollevamento, movimenti tettonici e faglie;
- attività vulcaniche;
- dinamica dei ghiacciai.

Lo studio di questi fenomeni attraverso la tecnica *radar* interferometrica dipende comunque dalla copertura presente al suolo in quanto la mancanza di *Permanent Scatterers* (PS) naturali e/o antropici rende quella porzione di territorio priva di misure utili. Inoltre, le dinamiche di fenomeni molto veloci non sono rilevabili a causa del cosiddetto fenomeno dell'ambiguità di fase, per il quale la frazione di fase misurata non include eventuali frazioni intere prodotte da un rapido movimento. Quindi la tecnica PS risulta adatta allo studio di processi deformativi quali frane lente, subsidenza, movimento di faglie attive e deformazioni di edifici vulcanici. In generale i movimenti molto lenti ed estesi sono quelli più idonei all'indagine radar satellitare.

Nei paragrafi che seguono vengono pertanto illustrate le procedure adottate per la rappresentazione di tali spostamenti, ottenuti con la tecnica interferometrica satellitare dei *Permanent Scatterers* (PS TECNICA PS-INSAR™), in corrispondenza delle aree considerate “non escluse” dalle analisi di 5° livello.

I dati utilizzati in questo studio sono stati forniti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e rappresentano parte di quanto acquisito dal MATTM in base al Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A) [™ TRE, Tele Rilevamento Europa]. Nello specifico, si tratta di dati provenienti dai sensori ERS ed ENVISAT, il primo operativo nel periodo 1992-2000, il secondo nel periodo 2003-2010.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Data la distribuzione delle aree di interesse sul territorio nazionale, i dati sono stati organizzati in quattro macro-aree: Nord, Centro, Sud e Isole. Le macro-aree includono le Regioni elencate in tabella.

Macro-area	Regioni incluse
NORD	Piemonte Emilia Romagna
CENTRO	Toscana Lazio
SUD	Puglia Basilicata
ISOLE	Sicilia Sardegna

Il lavoro ha previsto le seguenti fasi

Fase	Attività svolta
Screening dei dati	Verifica, in ambiente GIS, dei dati (cluster) forniti dal MATTM e dei parametri disponibili: velocità media, serie temporali degli spostamenti ed errori associati, metadati, sistema di coordinate utilizzato, presenza dei parametri orbitali utili alla scomposizione delle velocità orientate lungo la LOS (<i>Line Of Sight</i>) nelle direzioni Est-Ovest e verticale
Importazione dei dati in ambiente GIS	Organizzazione dei dati nelle aree di interesse NORD, CENTRO, SUD e ISOLE, nella rappresentazione cartografica UTM (ETRF89), fusi 32 e 33
Scomposizione vettoriale	Riduzione degli attributi ai soli dati necessari alla scomposizione vettoriale delle velocità nelle componenti Est-Ovest e verticale
Elaborazione dei prodotti cartografici	Produzione di mappe relative agli spostamenti verticali e orizzontali per i siti appartenenti alle aree di interesse NORD, CENTRO, SUD e ISOLE

16.2.2 Principi del metodo dei *Permanent Scatterers*

I metodi del telerilevamento vengono in genere classificati in due tipologie:

- passivo: la sorgente di segnale è esterna al sensore satellitare;
- attivo: la sorgente di segnale costituisce parte del sistema satellitare.

In particolare, nel telerilevamento attivo il segnale viene emesso dal sensore, raggiunge la superficie terrestre e la frazione riflessa viene rilevata e misurata dal sensore stesso. In questa classe rientrano i sistemi *radar* che consentono l'analisi dei dati con la tecnica PSI (*Permanent Scatterers Interferometry*).

Il segnale *radar* utilizzato dai sensori satellitari (frequenza delle microonde) è caratterizzato da lunghezze d'onda di tipo centimetrico.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



I sistemi *radar* satellitari sono in grado di rilevare il segnale elettromagnetico che proviene dalla superficie terrestre in risposta alla radiazione inviata dallo stesso sensore. La tecnica consente un'acquisizione continua dei dati, non essendo il segnale influenzato da copertura nuvolosa o, ovviamente, condizioni di illuminazione solare. Questo per la proprietà del segnale di propagarsi nello spazio vuoto e nell'atmosfera senza subire effetti rifrattivi o di assorbimento che possono compromettere, come accade nel visibile ed infrarosso, l'acquisizione da parte del sensore delle quantità di energia necessaria.

Il principio di funzionamento è il seguente: il satellite emette un'onda elettromagnetica secondo un fascio laterale che, a seconda della specifica geometria di acquisizione, investirà una fascia di territorio con una certa ampiezza. Gli oggetti "illuminati" dall'onda riflettono il segnale producendo un fenomeno di riflessione definito *scattering* (Fig. 16.2/1).

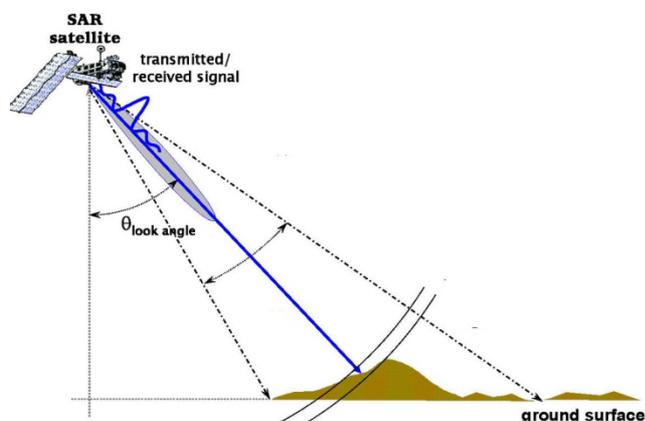


Fig. 16.2/1 - Geometria di acquisizione per sensori radar satellitari

Una quota di energia del segnale sarà direzionata verso lo stesso sensore, il quale archivia il dato ricevuto e soprattutto le informazioni relative alla fase ed intensità dell'onda elettromagnetica. La cosiddetta "area illuminata" è funzione della geometria di acquisizione del sensore, a sua volta legata a parametri orbitali. L'apertura del fascio di onde emesse e l'inclinazione media dello stesso regola l'estensione laterale dell'impronta.

La geometria di acquisizione è caratterizzata da due principali direzioni: *azimut*, lungo la direzione di movimento del sensore, e *range*, trasversale alla stessa. In uno schema di acquisizione come quello visto, la risoluzione del dato a terra (risoluzione geometrica) sarebbe molto scarsa (dell'ordine di qualche km) e quindi non accettabile per gli scopi attuali. Essendo tale risoluzione funzione della lunghezza dell'antenna, l'idea alla base della tecnica SAR (*Synthetic Aperture Radar*) è quella di simulare un'antenna lunga sfruttando il movimento del sensore lungo l'orbita. Per tale motivo l'apertura dell'antenna viene definita sintetica, passando da valori reali di una decina di metri a valori sintetici di alcuni km. A questa soluzione si associa lo studio dell'effetto *Doppler* associato ad ogni specifico *target* e la modulazione del segnale inviato con codifiche (*chip*) che, complessivamente, nelle due direzioni di riferimento, consentono di processare il dato radar con risoluzione geometrica variabile da pochi metri a qualche decina di metri, a seconda del sensore in questione.

16.2.2.1 I sensori radar

Le informazioni sugli spostamenti, ottenuti con la tecnica interferometrica PSI, sono calcolati a partire dai dati dei sensori ERS ed ENVISAT, il primo operativo nel periodo 1992-2000, il secondo nel periodo 2003-2010. In Fig. 16.2/2 sono riportate le varie missioni che riguardano i sensori radar satellitari.

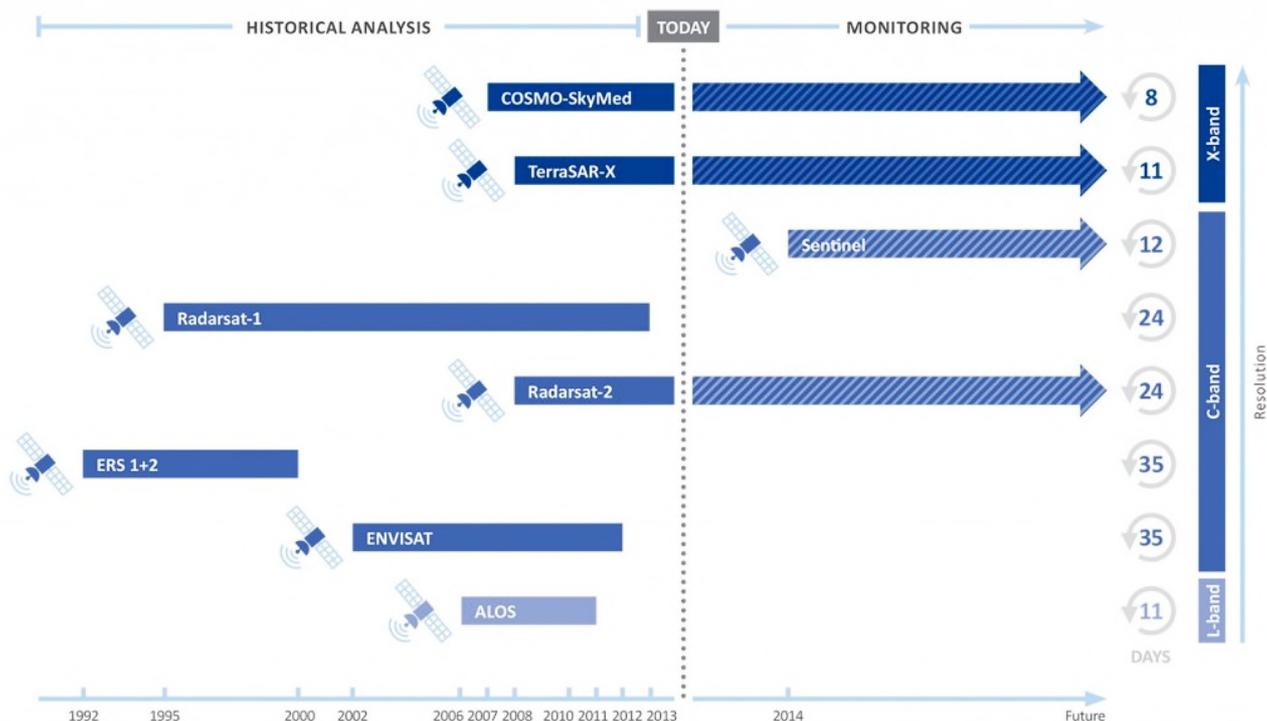


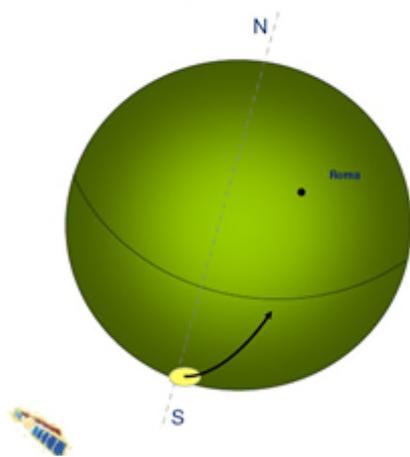
Fig. 16.2/2 - Sensori radar satellitari in grado di fornire dati utili per la tecnica PSI

I satelliti percorrono orbite quasi-polari disposte all'incirca lungo l'asse N-S, ma grazie ad una calibrata sincronia tra velocità dei satelliti e velocità di rotazione terrestre è possibile l'acquisizione di una stessa area secondo due geometrie eliosincrone definite ascendenti (direzione S-N) e discendenti (direzione N-S). Il tempo di rivisitazione per i sensori ERS ed ENVISAT è di 35 giorni e questa rappresenta la frequenza massima con la quale i sensori possono rilevare la medesima area.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Orbita eliosincrona ascendente



Orbita eliosincrona discendente

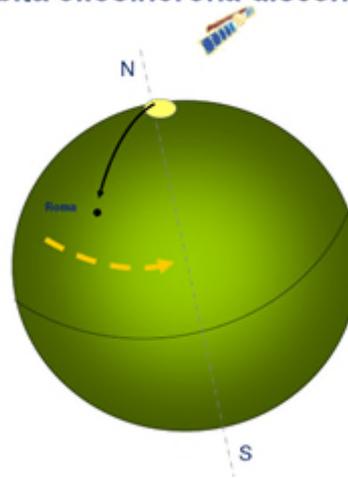


Fig. 16.2/3 - Le due geometrie di acquisizione satellitari

16.2.2.2 Tecniche SAR interferometriche

I caratteri fondamentali del segnale *radar* sono l'intensità e la fase; la prima quantifica il livello di energia associato al segnale, la seconda è la vera e propria caratteristica che restituisce l'informazione sulla distanza satellite-*target* al suolo, alla base del metodo interferometrico.

Tuttavia l'effetto di riflessione non è costante su tutta l'area "illuminata" ma dipende dalle caratteristiche geometriche dei *target*, dai materiali coinvolti, dalle condizioni di umidità al suolo, ecc. Quindi il fenomeno di *scattering* (riflessione) è dipendente dalla natura stessa dello "scatteratore". Ad esempio, i materiali metallici risultano altamente propensi alla riflessione, al contrario delle superfici coperte da vegetazione o di quelle occupate da bacini d'acqua che forniscono una risposta nulla o caotica.

Ne deriva che le tecniche fondate sull'analisi di dati radar ben si prestano allo studio di aree antropizzate, come i centri urbanizzati o le aree industriali, mentre le zone boschive, vegetate o le aree extraurbane rurali, in assenza di manufatti o altri materiali riflettenti, forniscono una scarsa risposta al segnale radar incidente.

Segue una breve descrizione della tecnica di analisi dei *Permanent Scatterers*, utilizzata nel presente studio. Per maggiori dettagli e la descrizione delle operazioni effettuate ai fini della produzione delle mappe di spostamento in corrispondenza delle aree risultanti dall'analisi di 5° livello, si rimanda all'elaborato DN GS 00101 redatto dal Politecnico di Bari.

Tecnica PS-InSAR™

La tecnica *PSInSAR™* (studiata e brevettata al Politecnico di Milano) rientra nella famiglia di quelle multi-interferogramma e prende in considerazione la sola firma elettromagnetica di diffusori che possiedono caratteristiche di riflettività molto stabili nel tempo.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Il principio base di queste tecniche è quello di processare una serie numerosa di acquisizioni, relative alla stessa area, per analizzarne gli spostamenti di specifici bersagli che prendono il nome di scatteratori o diffusori permanenti (*Permanent Scatterers* o PS). La disponibilità di lunghe serie storiche può permettere di descrivere l'evoluzione temporale e spaziale delle deformazioni, evidenziando quindi veri e propri *trend* deformativi (Fig. 16.2/4).

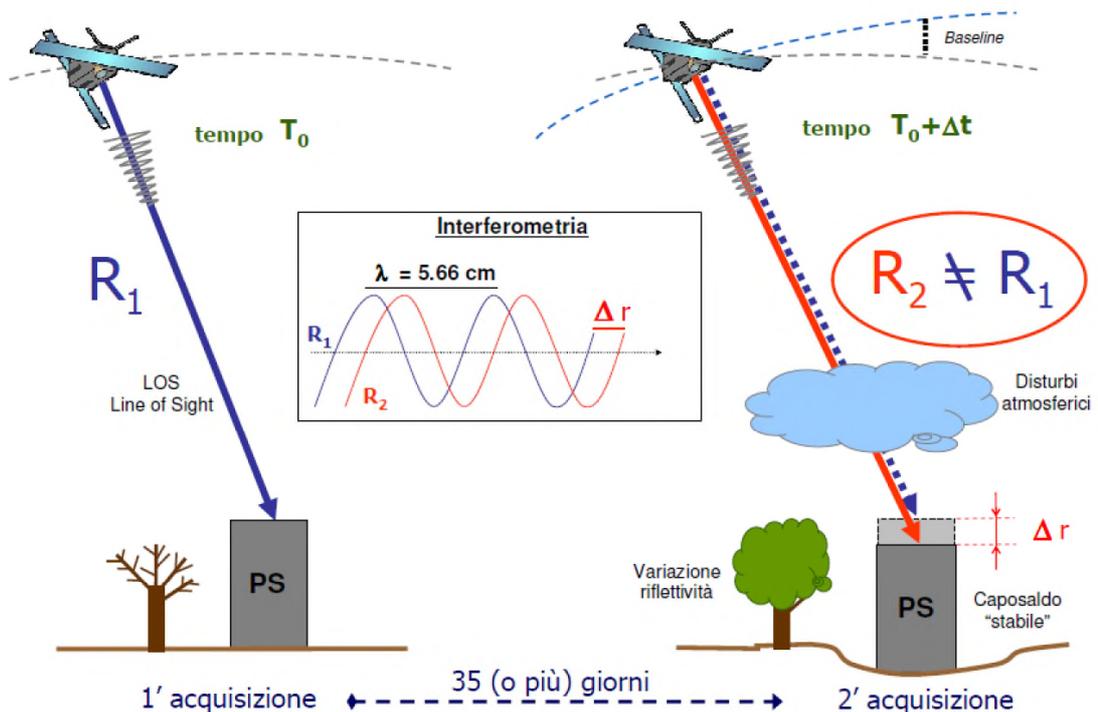


Fig. 16.2/4 - Rappresentazione schematica della base teorica della tecnica *PS-InSAR*TM [web page: TRE, Telerilevamento Europa]

La figura mostra i fondamenti teorici della tecnica. In una prima epoca (T_0) il sensore acquisisce le risposte che i diffusori permanenti (PS) forniscono all'impulso *radar* inviato dal sensore stesso. Al momento dell'acquisizione l'ipotetico PS in figura si troverà ad una distanza R_1 dal sensore e fornirà una risposta, ovvero un'onda elettromagnetica retro-diffusa, alla quale è associato un valore di fase ed ampiezza. In un'epoca successiva ($T_0+\Delta T$) l'acquisizione avviene nuovamente da una posizione del sensore vicina alla precedente. Immaginando noto questo scostamento tra le orbite del sensore (baseline) si può ipotizzare che uno spostamento (Δr) del PS, avvenuto nel frattempo, provochi una variazione della distanza sensore-PS e quindi uno sfasamento del segnale riferito allo specifico PS tra le due acquisizioni. Questo sfasamento è quindi dipendente dall'entità dello spostamento ed è riferito alla direzione obliqua di osservazione, definita LOS (*Line Of Sight*).

Le misure di spostamento e velocità dei PS sono sempre relative, ovvero riferite ad un punto a terra di riferimento al quale vengono attribuiti valori di elevazione e velocità rispetto ad un'epoca di riferimento.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Per questioni geometriche, il metodo è maggiormente sensibile ai movimenti verticali (subsidenza) rispetto a quelli orizzontali o sub-orizzontali (movimenti lungo un pendio).

16.2.3 Applicazione della Tecnica PSI

I *cluster* di dati ERS ed ENVISAT forniti dal MATTM disponibili per le macro-aree di interesse, utilizzati per questo studio sono riportati in Fig. 16.2/5 suddivisi per sensore (ERS ed ENVISAT) ed orbita (ascendente e discendente).

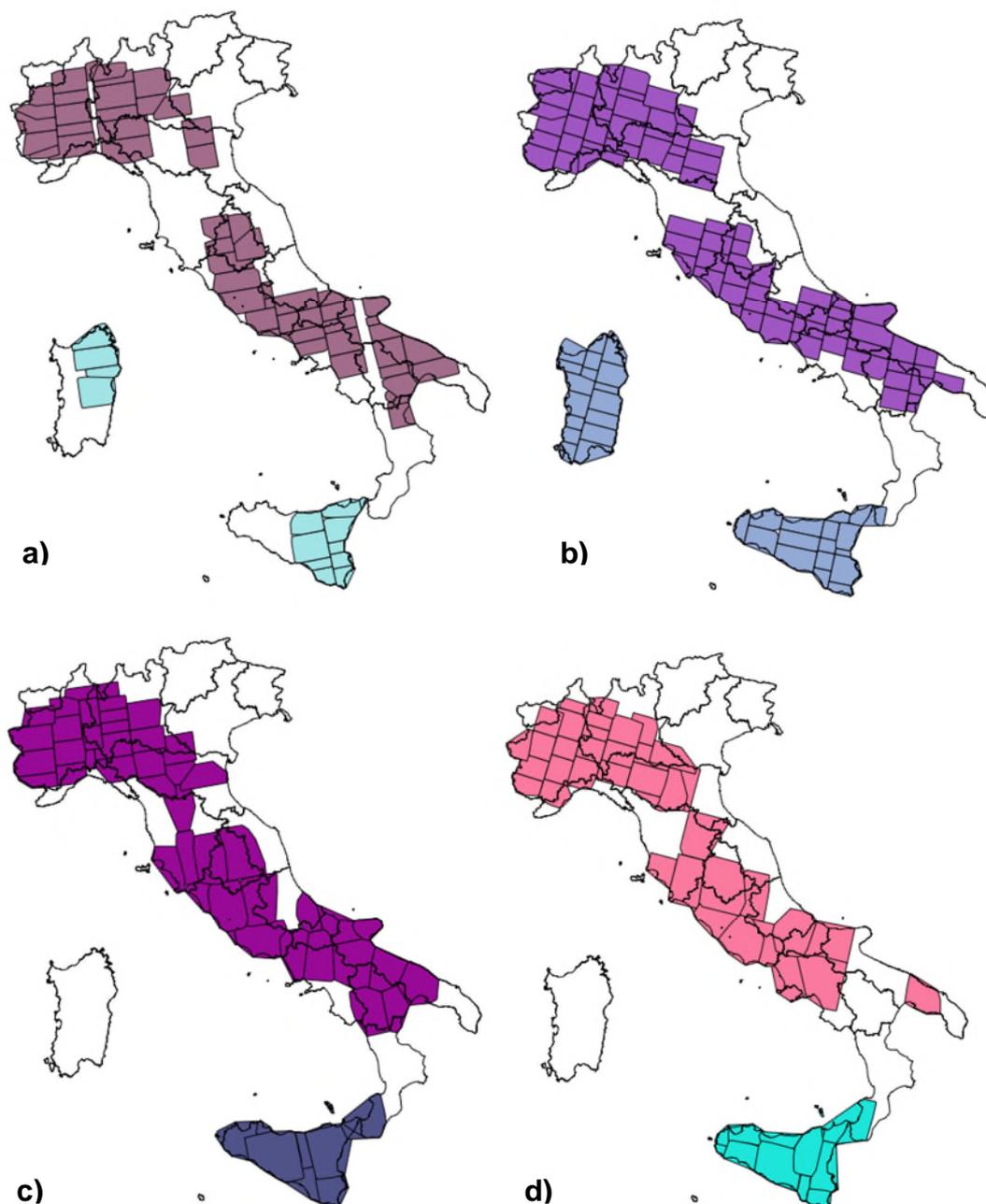


Figura 16.2/5 - *Cluster* di dati di spostamento disponibili forniti dal MATTM: a) ERS ascendenti; b) ERS discendenti; c) ENVISAT ascendenti; d) ENVISAT discendenti

Per ottenere le velocità associate ad una singola unità territoriale ed inquadrarle in un sistema di riferimento convenzionale è necessario effettuare un ricampionamento spaziale dei punti ascendenti e discendenti ed effettuare l'operazione di scomposizione vettoriale delle velocità. È stato quindi utilizzato un programma di calcolo, realizzato *ad hoc* in ambiente *Matlab*, per eseguire tali operazioni.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



L'algoritmo messo a punto per questo studio utilizza un sistema di coordinate geografiche ellissoidiche (latitudine e longitudine espresse in angoli sessadecimali) e consiste nella creazione di due griglie, una per il set di velocità PS ascendenti e l'altra per il set di velocità PS discendenti, di uguale estensione e risoluzione al suolo e tale da comprendere entrambi i set di velocità PS (Fig. 16.2/6). Il singolo elemento della griglia (cella) può essere dimensionato (passo) dall'utente, in funzione del sensore da cui provengono i dati.

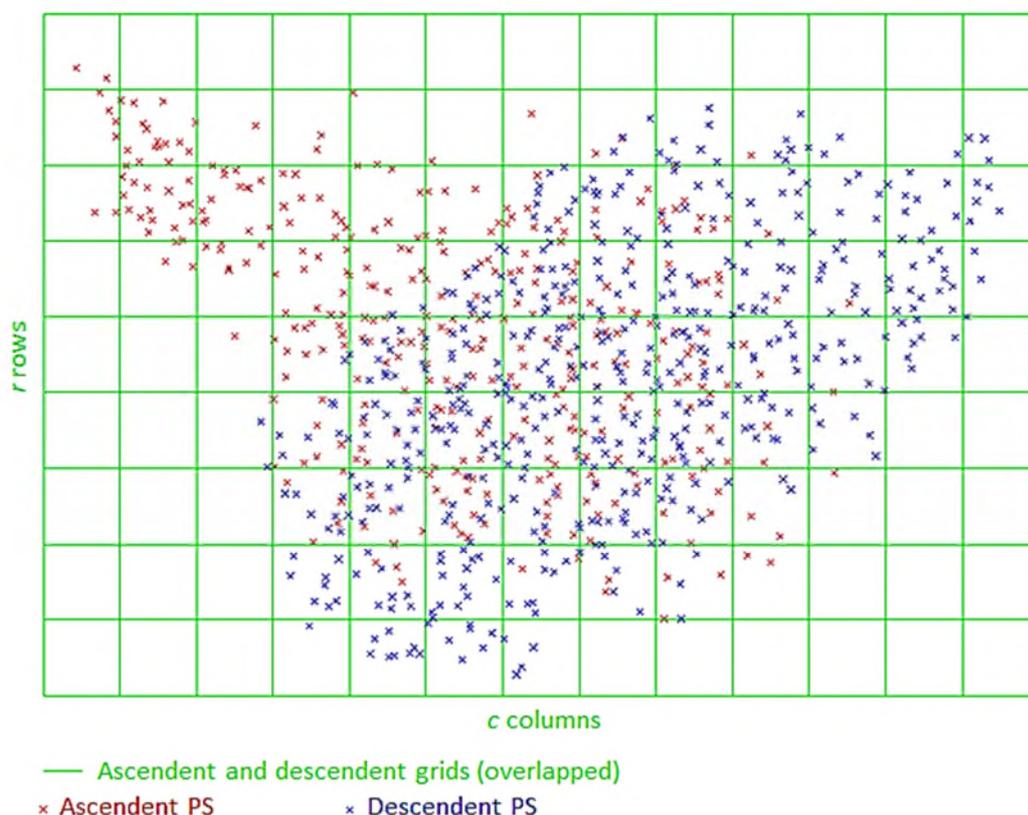


Fig. 16.2/6 - Rappresentazione schematica delle griglie (sovrapposte) create per il ricampionamento dei PS ascendenti (rosso) e discendenti (blu)

La griglie così ottenute possono essere assimilate a due matrici aventi un eguale numero di righe r e colonne c , funzione dell'estensione geografica dei due set di velocità PS e del passo scelto. In una prima fase, l'analisi, eseguita separatamente per il set di velocità PS ascendenti e per il set di velocità PS discendenti, è volta al ricampionamento della posizione dei PS, per cui le singole celle della griglia sono analizzate in successione e, se nella cella di riga i e colonna j sono presenti dei PS, viene calcolata la posizione (espressa in coordinate geografiche ellissoidiche) del baricentro (*centroid*) della cella (Fig. 16.2/7).

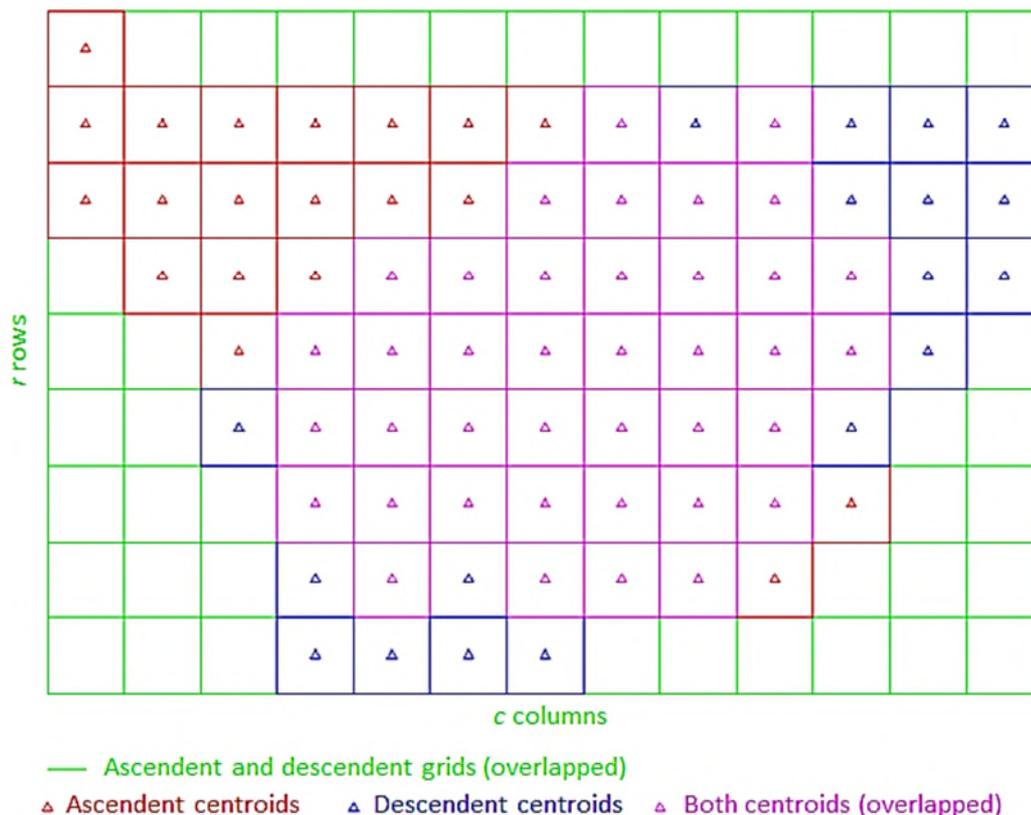


Fig. 16.2/7 - Determinazione dei baricentri delle celle in cui sono presenti solo PS ascendenti (rosso), discendenti (blu), ed entrambe le tipologie di dato (magenta)

Al baricentro viene quindi assegnata una velocità media, pesata sulla base della distanza ellissoidica dei vari PS presenti nella cella rispetto al baricentro.

Individuate le celle in cui sono stati determinanti i baricentri di entrambi i *dataset* (ascendente e discendente), si procede alla scomposizione vettoriale, passando dal sistema di riferimento originario, in cui le velocità sono note lungo le LOS ascendente e discendente, al nuovo sistema locale Nord, Est, Up, ottenendo, in particolare, le componenti della velocità lungo le direzioni Est-Ovest e verticale.

A tal fine è stata applicata la relazione:

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_a & \sin \theta_a \cos \alpha_a & -\sin \theta_a \sin \alpha_a \\ \cos \theta_d & -\sin \theta_d \cos \alpha_d & \sin \theta_d \sin \alpha_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_u \\ v_e \\ v_n \end{bmatrix}$$

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.2.4 Risultati e conclusioni

Si riportano nel seguito i risultati ottenuti dalla scomposizione (cfr. paragrafo 16.2.3) dei dati ascendenti e discendenti dei sensori ERS ed ENVISAT.

In considerazione della maggiore affidabilità del metodo nel rilevare movimenti di tipo verticale, nonché della localizzazione delle aree, poste in prevalenza in zone sub-pianeggianti, i risultati discussi riguardano i soli spostamenti verticali.

Nelle figure che seguono, è riportata l'estensione geografica dei *dataset* ottenuti dalla scomposizione delle velocità orientate lungo la LOS. Tale operazione è stata possibile solo in presenza della geometrie ascendente e discendente.

Macro-area Nord

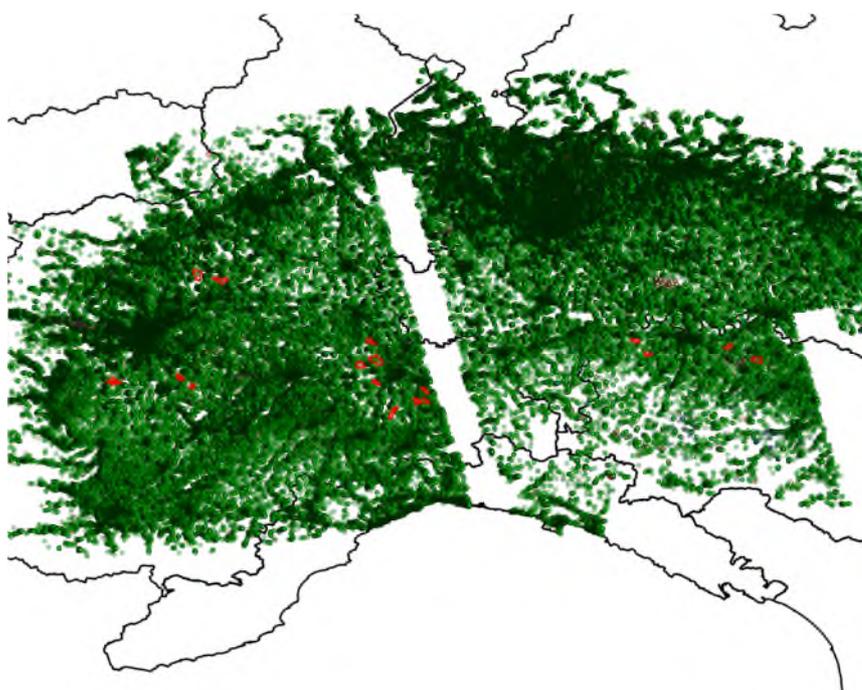


Fig. 16.2/8 - Disponibilità per la macro-area Nord delle velocità scomposte nelle componenti verticali ed orizzontale (Ovest-Est) a partire da dati del sensore ERS

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---

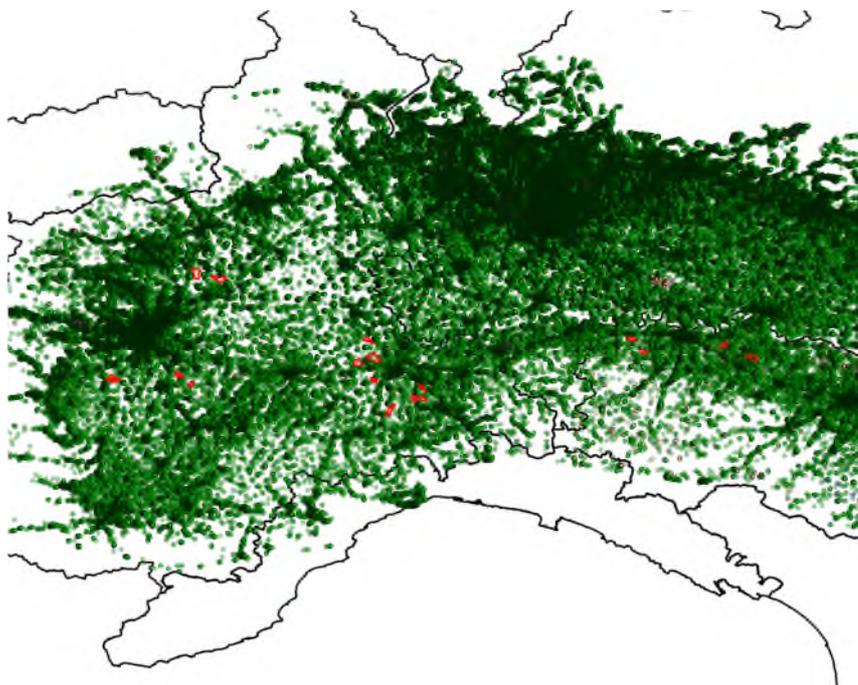


Fig. 16.2/9 - Disponibilità per la macro-area Nord delle velocità scomposte nelle componenti verticali ed orizzontale (Ovest-Est) a partire da dati del sensore ENVISAT

Tutte le aree (in rosso in figura) nella macro-area Nord ricadono in zone per le quali sono disponibili dati scomposti.

L'analisi dei dati ottenuti dalla scomposizione dei dati ascendenti e discendenti dei sensori ERS ed ENVISAT non evidenzia apprezzabili spostamenti verticali su nessuna delle aree facenti parti della macro-area Nord.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Macro-area Centro

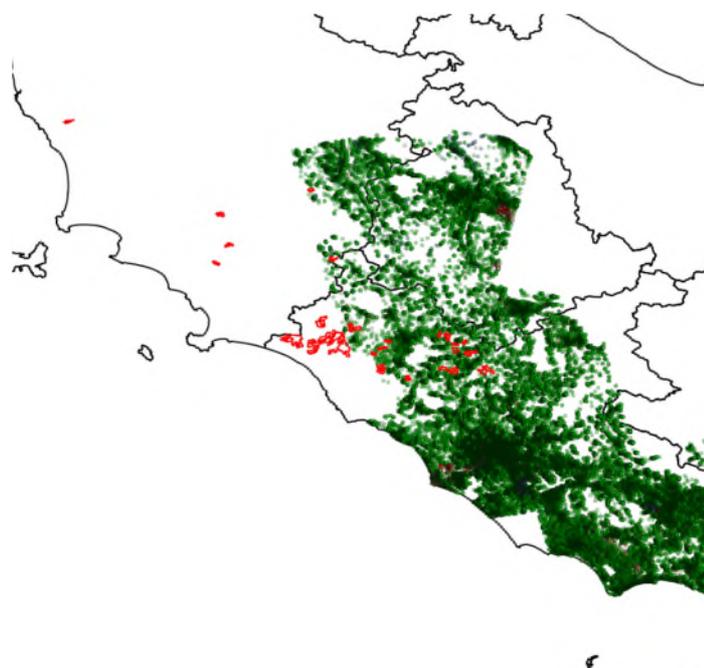


Fig. 16.2/10 - Disponibilità per la macro-area Centro delle velocità scomposte nelle componenti verticali ed orizzontale (Ovest-Est) a partire da dati del sensore ERS

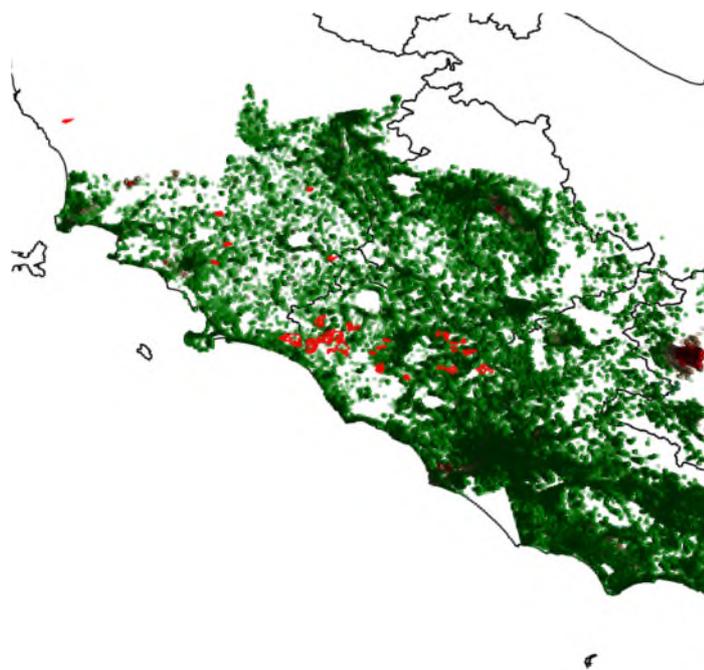


Fig. 16.2/11 - Disponibilità per la macro-area Centro delle velocità scomposte nelle componenti verticali ed orizzontale (Ovest-Est) a partire da dati del sensore ENVISAT

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Come si può notare non tutte le aree (in rosso in figura) sono coperte dal *dataset* scomposto.

L'analisi dei dati ottenuti dalla scomposizione dei dati ascendenti e discendenti dei sensori ERS ed ENVISAT non evidenzia, in genere, apprezzabili spostamenti verticali sulle aree facenti parte della macro-area Centro per le quali si disponeva di informazioni.

Macro-area Sud

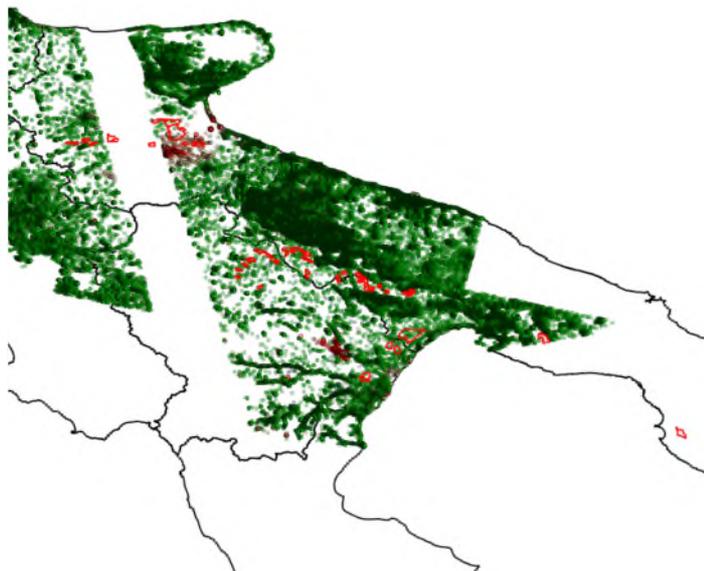


Figura 16.2/12 - Disponibilità per la macro-area Sud delle velocità scomposte nelle componenti verticali ed orizzontale (Ovest-Est) a partire da dati del sensore ERS

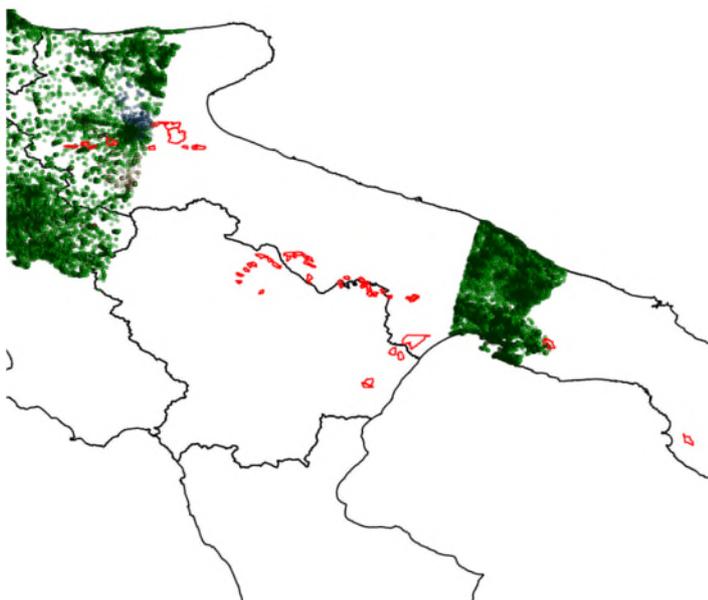


Figura 16.2/13 - Disponibilità per la macro-area Sud delle velocità scomposte nelle componenti verticali ed orizzontale (Ovest-Est) a partire da dati del sensore ENVISAT

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Come si può notare non tutte le aree (in rosso in figura) sono coperte dal *dataset* scomposto.

In prossimità delle aree FG-8, FG-13, FG-16, FG-14, FG-9, FG-17 e FG-10 i dati ERS evidenziano dei movimenti verticali significativi (da -10 a -20 mm/anno) che coinvolgono anche le aree FG-14, FG-9, FG-17 e FG-10. Come detto, per queste aree non è possibile procedere alla scomposizione dei dati forniti dal sensore ENVISAT in quanto la zona non risulta coperta da dati relativi all'orbita discendente. Tuttavia, in considerazione dell'entità dei fenomeni rilevati, sono stati analizzati gli spostamenti orientati lungo la LOS e relativi alla sola orbita ascendente del sensore ENVISAT e si rileva che nel periodo successivo si manifestino fenomeni di subsidenza che, attribuendo i valori di spostamento ai soli movimenti verticali, sarebbero anche accentuati rispetto a quelli mostrati dai dati ERS per il periodo precedente. In Fig. 16.2/14 è rappresentata l'estensione geografica dei movimenti orientati lungo la LOS ed ottenuti da dati dei sensori ENVISAT, nell'orbita ascendente, nel foggiano.

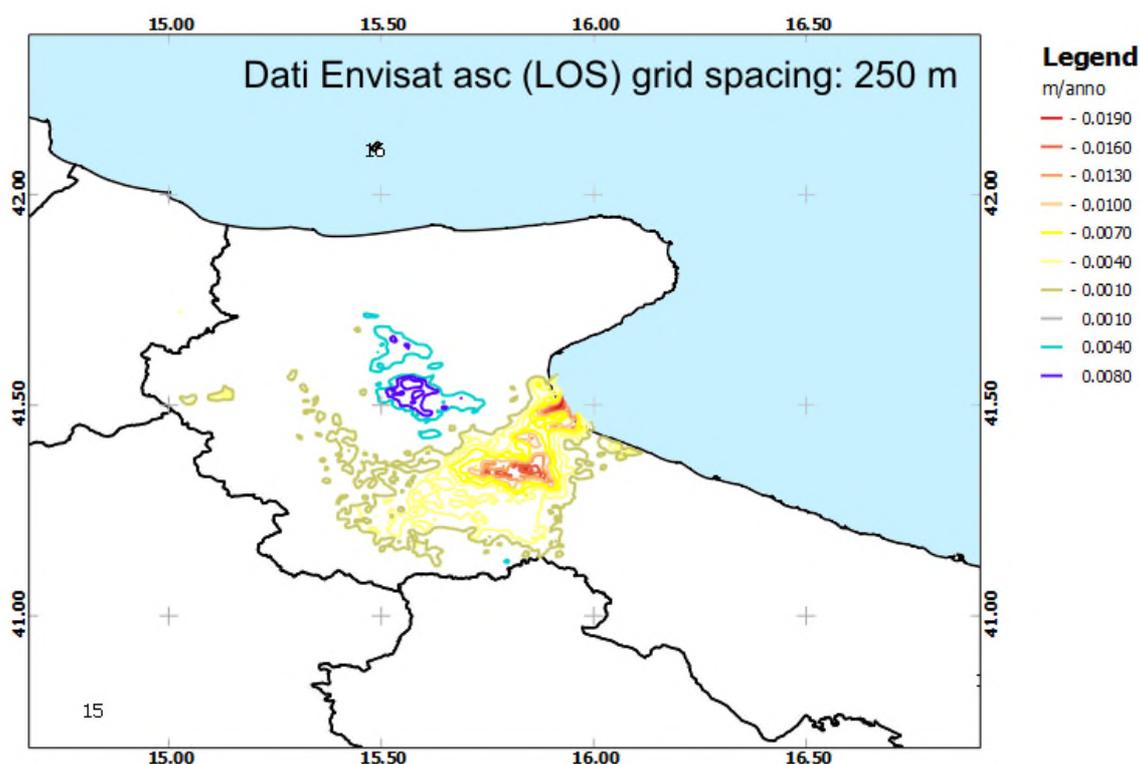


Figura 16.2/14 - Estensione geografica dei movimenti orientati lungo la LOS ed ottenuti da dati dei sensori ENVISAT, nell'orbita ascendente, nel foggiano

Complessivamente, fatta eccezione per il caso mostrato nel caso del foggiano, l'analisi dei dati ottenuti dalla scomposizione dei dati ascendenti e discendenti dei sensori ERS ed ENVISAT non evidenzia, in genere, apprezzabili spostamenti verticali sulle aree facenti parte della macro-area Sud per le quali si disponeva di informazioni.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Macro-area Isole

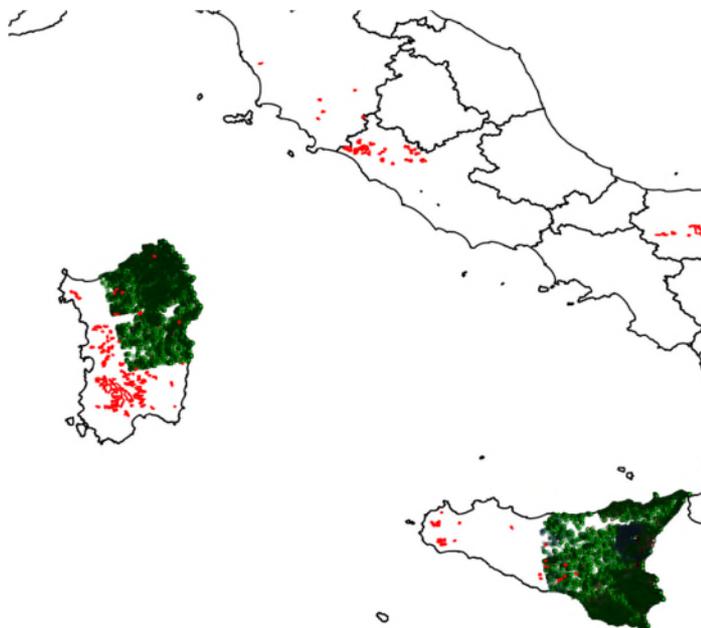


Figura 16.2/15 - Disponibilità per la macro-area Isole delle velocità scomposte nelle componenti verticali ed orizzontale (Ovest-Est) a partire da dati del sensore ERS

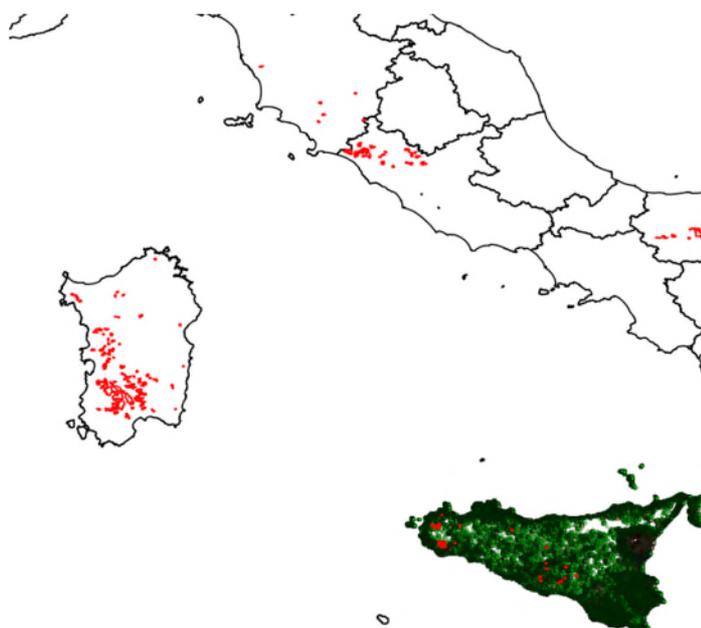


Figura 16.2/16 - Disponibilità per la macro-area ISOLE delle velocità scomposte nelle componenti verticali ed orizzontale (Ovest-Est) a partire da dati del sensore ENVISAT

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Come si può notare non tutte le aree (in rosso in figura) sono coperte dal *dataset* scomposto. In particolare il settore occidentale della Sicilia non è coperto dal *dataset* scomposto relativo al sensore ERS. La Sardegna è praticamente sprovvista, nelle zone di interesse, di *dataset* scomposti di entrambi i sensori.

L'analisi dei dati ottenuti dalla scomposizione dei dati ascendenti e discendenti dei sensori ERS ed ENVISAT non evidenzia apprezzabili spostamenti verticali su nessuna delle aree facenti parti della macro-area Isole per le quali si disponeva di informazioni.

Concludendo, considerata l'analisi eseguita sulle aree di interesse per le quali si dispone di dati rilevati dai sensori ERS ed ENVISAT, il primo operativo nel periodo 1992-2000, il secondo nel periodo 2003-2010, si delinea una significativa subsidenza solo nel settore del foggiano (tra -10 e -20 mm/anno). La significatività è sostanziata sia dal fatto che risulta essere almeno 10 volte superiore rispetto a quella riscontrata nelle altre aree indagate, sia in quanto risulta paragonabile a quelle registrate in altre zone d'Italia, non comprese nel presente studio, note per questo problema. A titolo di esempio e per confronto si può citare la subsidenza nel bolognese che è dell'ordine dei 30 mm/anno (fonte ARPA Emilia Romagna, valori ricavati da dati di livellazione e PS, non scomposti, relativi all'intervallo 1973 al 1999), valori confrontabili con quelli ottenuti ricalcolando il movimento verticale con la tecnica ed i dati utilizzati in questo studio (tra -10 e -30 mm/anno).

Tali risultanze, considerata la loro rilevanza, hanno condotto all'esclusione di alcune zone del foggiano in applicazione al criterio CA2.

16.2.5 Verifiche successive al 2015

L'attività di aggiornamento dei dati utilizzati per la realizzazione della CNAPI, avvenuta a partire da dicembre 2015, ha consentito di individuare nuovi dati e di verificare che comunque, per il criterio di esclusione CA2, non hanno determinato esclusioni o riperimetrazioni di Aree Potenzialmente Idonee.

Gli aggiornamenti rilevati si riferiscono ai dati interferometrici rilevati dai sensori COSMO-SkyMed, elaborati con tecnica *PSInSAR*TM. Tali dati sono messi a disposizione dal Geoportale Nazionale tramite servizio WMS e, come riportato nei metadati associati, si riferiscono al periodo di acquisizione 2011-2014.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.3 ASSETTO GEOLOGICO-MORFOSTRUTTURALE E PRESENZA DI LITOTIPI CON ETEROPIA VERTICALE E LATERALE (CA3)

Il criterio di approfondimento CA3 contenuto nella GT29 chiede di valutare l'assetto geologico-morfostrutturale e presenza di litotipi con eteropia verticale e laterale, specificando che:

“Questi aspetti influenzano la modellazione geologico-tecnica necessaria per la valutazione dell'interazione della struttura con il terreno. Ci si riferisce anche a fenomeni non già evidenziati nell'applicazione CE3.”

Per i riferimenti IAEA della SSG-29 (2014) si rimanda a quanto riportato nel capitolo relative ai criteri di esclusione CE3, CE9 e CE10.

Nella presente fase di localizzazione sono state eseguite alcune attività speditive nel corso del 6° livello di analisi per definire un inquadramento geologico delle aree non escluse da cui è possibile trarre alcune prime indicazioni riguardo il criterio CA3.

La completa verifica del criterio richiede indagini dirette proprie delle successive fasi del processo di localizzazione.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.4 PRESENZA DI BACINI IMBRIFERI DI TIPO ENDOREICO (CA4)

16.4.1 Introduzione

Il criterio di approfondimento CA4 contenuto nella GT29 stabilisce la necessità di verificare, ove possibile, l'assenza di bacini endoreici specificando:

“Questi bacini chiusi non presentano emissari e costituiscono un punto di convergenza per il drenaggio del reticolo idrografico superficiale. A seguito di intense e prolungate precipitazioni i punti più depressi del bacino endoreico possono essere soggetti a fenomeni di stagnazione delle acque. Ci si riferisce a fenomeni non già evidenziati nell'applicazione del criterio CE4”.

Tale criterio può essere ricondotto alle seguenti indicazioni generali IAEA riportate nella SSG-29 (2014):

“The disposal site should be generally well drained and free of areas of flooding or frequent ponding... Preference should be given to areas or sites with topographical and hydrological features that preclude the potential for flooding”.

Si tratta di un criterio cautelativo, mirato ad estendere l'applicazione del CE4 e che tende a minimizzare la probabilità di accadimento di fenomeni di allagamento che potrebbero compromettere l'integrità del deposito.

16.4.2 Applicazione nel 5° e 6° livello di analisi e conclusioni

L'applicazione del CA4 è stata condotta nel corso del 5° livello mediante l'analisi delle carte topografiche e la sovrapposizione del reticolo idrografico al DTM, nonché recependo segnalazioni derivanti dai sopralluoghi effettuati nel corso del 6° livello.

Solo in pochi casi questo criterio di approfondimento ha condotto all'esclusione di porzioni di aree; ciò è avvenuto non tanto per la presenza di bacini endoreici *sensu strictu* quanto piuttosto quando risultava evidente che l'area, essendo situata in zone nelle quali il drenaggio naturale appariva poco efficiente, avrebbe potuto essere interessata da significativi fenomeni di allagamento o stagnazione delle acque a seguito di intense e prolungate precipitazioni.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.5 PRESENZA DI FENOMENI DI EROSIONE ACCELERATA (CA5)

16.5.1 Introduzione

Il criterio di approfondimento CA5 contenuto nella GT29 stabilisce la necessità di verificare, ove possibile, l'assenza di fenomeni di erosione accelerata specificando:

“In queste zone, in rapida evoluzione morfologica, sono presenti numerosi solchi di ruscellamento concentrato, linee di cresta affilate, brusche rotture di pendio con formazioni di scarpate, profonde incisioni vallive ed elevata densità del drenaggio. Ci si riferisce a fenomeni non già evidenziati nell'applicazione del criterio CE4”.

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“It should be verified that surface processes such as flooding of the disposal site, landslides or erosion do not occur with such frequency or intensity that they could affect the ability of the disposal system to meet safety requirements”.*

Si tratta di un criterio cautelativo, mirato ad estendere l'applicazione del CE4 escludendo zone che in futuro potrebbero essere interessate da processi gravitativi significativi.

16.5.2 Applicazione nel 5° e 6° livello di analisi e conclusioni

La verifica del CA5 è stata condotta nel corso del 5° livello mediante l'analisi di carte geologiche e geomorfologiche, la sovrapposizione del reticolo idrografico al DTM o alle foto aeree, nonché recependo segnalazioni derivanti dai sopralluoghi effettuati nel corso del 6° livello. Questo criterio di approfondimento ha condotto all'esclusione di porzioni di territorio solo in rari casi in quanto le zone che potevano presentare indizi di rapida evoluzione morfologica sono risultate generalmente ubicate su versanti con pendenze medie elevate e quindi escluse già nel 1° livello di analisi mediante l'applicazione del criterio CE7.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.6 CONDIZIONI METEOCLIMATICHE (CA6)

16.6.1 Introduzione

Il criterio di approfondimento CA6 contenuto nella GT29 stabilisce la necessità di verificare, ove possibile, le condizioni meteo-climatiche in particolare per quanto riguarda i regimi pluviometrico, nivometrico e anemometrico, nonché gli eventi estremi.

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The meteorology of the site area should be characterized such that the effects of unexpected, extreme meteorological conditions can be adequately considered in the design and licensing of the disposal facility. The potential for extreme meteorological events should be evaluated. Potential sites may be screened on the basis of the severity of the effects of such events”*.

Si tratta di un criterio che dovrà essere preso in considerazione principalmente nelle eventuali successive fasi di caratterizzazione. Tuttavia si è scelto di fornire preliminarmente una descrizione generale delle caratteristiche meteo-climatiche proprie dell'area.

16.6.2 Applicazione

Di seguito viene presentata la procedura seguita per la realizzazione di schede monografiche relative ad ogni singola area e verranno analizzati, in linea generale e a scala nazionale, i trend climatici medi e legati ai fenomeni estremi.

La caratterizzazione meteorologica ha previsto la definizione dei seguenti parametri:

- climatologia - valori medi su base mensile di:
 - temperature medie
 - temperature massime medie
 - temperature minime medie
 - precipitazioni cumulate
- valori estremi:
 - velocità massima raggiunta dal vento
 - temperatura massima assoluta
 - temperatura minima assoluta
 - massima precipitazione giornaliera
- eventi estremi:
 - tornado
 - piogge intense
 - forti grandinate
- frequenza di caduta di fulmini al suolo
 - valore N_g (n. fulmini/kmq)

I parametri sopra elencati sono stati, nella maggior parte dei casi, individuati ed elaborati sulla base di serie di dati temporali circa ventennali (1998-2018). Le uniche eccezioni significative riguardano le regioni Sicilia e Sardegna per le quali i dati disponibili hanno reso possibile un'analisi basata su intervalli di 16 anni (2003-2018) e 12 anni (2005-2016) rispettivamente.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



I dati sono stati raccolti principalmente attraverso l'interrogazione di 3 database:

- il database SCIA di ISPRA per quanto riguarda l'analisi meteorologica basata sui valori medi su base mensile e i valori estremi;
- il database ESWD (*European Severe Weather Database*) gestito dal Laboratorio europeo per lo studio degli eventi estremi (ESSL - *European Severe Storms Laboratory*, <http://www.essl.org/>) per la raccolta dei dati relativi ad eventi estremi;
- il *database* CESI – SIRF di proprietà di CESI S.p.A. interrogato tramite l'applicativo *web* CEI ProDis di proprietà di CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

16.6.2.1 Analisi e rielaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati raccolti ha portato alla realizzazione di schede monografiche in cui viene riportata, per ogni singola area, l'identificazione dell'area di interesse e delle stazioni meteorologiche di riferimento selezionate, riportate su una carta a scala regionale (Fig. 16.6/1), e una caratterizzazione meteorologica su serie temporali ventennali, un'analisi di alcuni valori estremi registrati, valori di frequenza di accadimento di alcune tipologie di eventi estremi e un valore di densità di fulmini al suolo (Fig. 16.6/2).

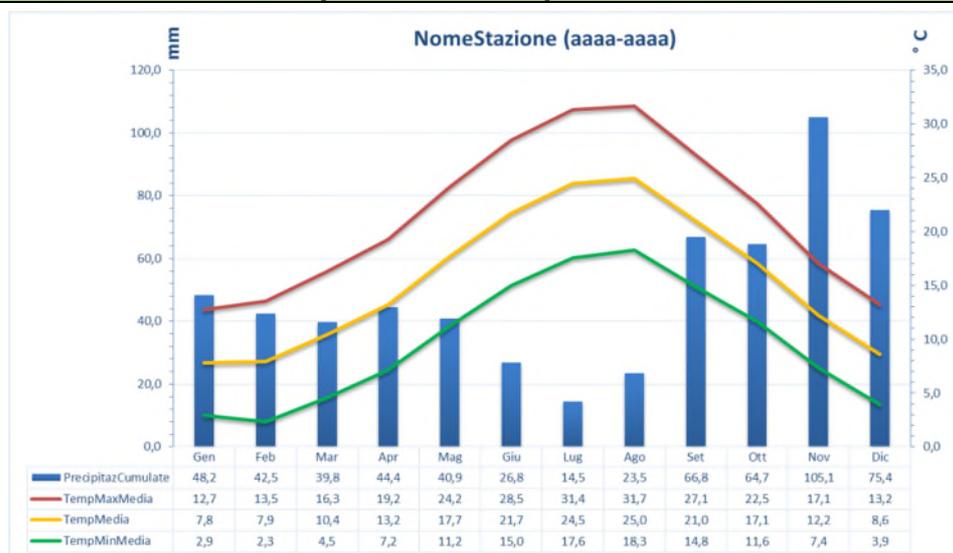
Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



XX-n	Comune/i: XXX	Provincia/e: XXX	Regione/i: XXX
Stazione: <u>XXXXXXX</u> (Rete xxxxx)^(a)		Parametri misurati dalla stazione XXXXXX, XXXX, XXX	Dati disponibili aaaa - aaaa
Latitudine 00.000		Longitudine 00.000	
Distanza dall'area: ~ 00 km		Quota: 000 m s.l.m.	
Stazione: <u>XXXXXXX</u> (Rete xxxxx)^(a)		Parametri misurati dalla stazione XXXXXX, XXXX, XXX	Dati disponibili aaaa - aaaa
Latitudine 00.000		Longitudine 00.000	
Distanza dall'area: ~ 00 km		Quota: 000 m s.l.m.	

Figura 16.6/1 – Esempio di scheda monografica - Caratterizzazione dell'area di interesse e delle stazioni selezionate

Precipitazioni e temperatura



Estremi

Valori estremi⁽¹⁾ (aaaa-aaaa)

T min -00.0 °C (mese aaaa)

T max +00.0 °C (mese aaaa)

Precipitazione massima giornaliera 000.0 mm (mese aaaa)

Velocità massima del vento 00.0 km/h (mese aaaa)

Eventi estremi (ESSL-ESWD database)⁽²⁾ (aaaa-aaaa)

Area considerata (quadrato di 00 km x 00 km) latitudine 00.0 N – 00.0 N longitudine 00.0 E – 00.0 E

Tornado Venti con velocità ≥ 25 m/s **0** eventi nell'intervallo di tempo considerato (in particolare aaaa-aaaa)

Piogge intense Causa di danni rilevanti
Intensità minime definite (da 25 mm in ½ ora a 170 mm in 24 ore) **0** eventi nell'intervallo di tempo considerato (in particolare aaaa-aaaa)

Forti grandinate Diametro dei chicchi ≥ 2 cm
Strato di accumulo al suolo ≥ 2 cm **0** eventi nell'intervallo di tempo considerato (in particolare aaaa-aaaa)

Fulmini (CEI – ProDis)⁽³⁾

Latitudine	Longitudine	Valore Ng (n. di fulmini al suolo/kmq)
00.0000	00.0000	0.00

(1) Dati da http://www.scia.isprambiente.it/wwwrootscia/Home_new.html

(2) Dati da <http://essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi>

(3) Dati da <https://servizi.ceinorme.it/prodis/index.jsp?lang=it>

Figura 16.6/2 – Esempio di scheda monografica - Caratterizzazione meteorologica dell'area di interesse

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Di seguito vengono descritte le diverse elaborazioni effettuate.

Climatologia e valori estremi

Per la caratterizzazione di ogni singola area sono stati utilizzati i dati presenti nel *database* SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatici di Interesse Ambientale) curato e reso disponibile *on-line* da ISPRA.

La selezione delle stazioni utili alla caratterizzazione è stata condotta sulla base dei seguenti criteri:

- parametri misurati dalla stazione;
- completezza delle serie temporali;
- distanza dall'area;
- comparabilità delle condizioni ambientali di contorno di area potenzialmente idonea e stazione.

Per ognuna delle stazioni selezionate è stato effettuato il *download* dei seguenti dati relativi a serie temporali circa ventennali (1993-2013) o circa decennali nel caso della regione Sicilia (2003-2013) e della regione Sardegna (2005-2013):

- temperatura massima assoluta, calcolata sui massimi individuati su base mensile;
- temperatura minima assoluta, calcolata sui minimi individuati su base mensile;
- temperatura massima media, la media su base mensile dei valori massimi di temperatura;
- temperatura minima media, la media su base mensile dei valori minimi di temperatura;
- temperatura media, media su base mensile;
- precipitazioni massime giornaliere, mm di pioggia caduta in 24 ore, riportata come massimo mensile;
- precipitazioni cumulate, mm di pioggia accumulati in un mese;
- vento massimo, massima velocità del vento misurata.

Sui dati relativi alle temperature media, massima media, minima media e le precipitazioni cumulate è stata calcolata la media relativa ad ogni mese sui dati delle serie temporali disponibili e i risultati sono stati riportati sia in forma numerica che in grafico (Fig. 16.6/2). I valori estremi invece sono stati riportati come valori numerici ed è stato indicato il mese e l'anno in cui tali valori sono stati registrati (Fig. 16.6/2).

Analisi degli eventi estremi

Come già riportato, l'analisi degli eventi estremi è stata effettuata sulla base dei dati raccolti attraverso l'interrogazione del *database* ESWD (*European Severe Weather Database*) del ESSL (*European Severe Storms Laboratory*). Il *database* utilizzato riporta le segnalazioni inviate pubblicamente da cittadini, relative a diverse tipologie di eventi meteorologici considerati estremi sulla base di alcuni criteri stabiliti dallo stesso ESSL (ESSL, 2014).

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Per la caratterizzazione delle aree di interesse sono stati considerati i seguenti eventi estremi (ESSL, 2014) (Fig. 16.6/2):

- tornado – i criteri di accettazione definiti da ESSL prevedono velocità del vento pari ad almeno 25 m/s o l'osservazione di una nube a imbuto che abbia toccato la superficie terrestre;
- Pioggia intensa – i criteri prevedono il verificarsi di danni ingenti (definiti come "impatti estremi" come ad esempio strade rese inagibili, danni ingenti a trasporti su rotaia, numerosi allagamenti di strutture antropiche, frane con danni significativi a strutture e/o vegetazione, numerosi interventi da parte di Vigili del Fuoco), o quantità di precipitazione eccezionalmente elevate (le precipitazioni sono considerate eccezionali se rispettano la seguente equazione:

$$P \geq 2 \cdot \sqrt{5t} \quad \text{dove è richiesto che } \frac{1}{2} \text{ ora} < t < 24 \text{ ore}$$

- forti grandinate – l'evento deve verificare i seguenti criteri: diametro dei chicchi di ghiaccio deve essere ≥ 2.0 cm e spessore dello strato di accumulo su una superficie piana ≥ 2.0 cm.

Nell'interrogazione del *database* sono state considerate aree geograficamente e geomorfologicamente uniformi che risultassero sufficientemente ampie per la caratterizzazione a scala regionale della frequenza dei fenomeni estremi considerati (quadrati con lato compreso tra i 70 e i 100 km).

Analisi della fulminazione

La caratterizzazione ha previsto anche l'analisi degli eventi di fulminazione, secondo quanto richiesto da IAEA (ad es. SSG-18). La valutazione è stata condotta sulla base dei valori di N_g definito nella normativa CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e che descrive la densità media di fulmini che colpiscono il suolo (numero dei fulmini/kmq).

16.6.3 Dati di riferimento

Climatologia e valori estremi

I dati raccolti interrogando il *database* SCIA http://www.scia.isprambiente.it/wwwrootscia/Home_new.html derivano da stazioni appartenenti a diverse tipologie di reti.

Rete sinottica UGM-ENAV

La rete sinottica UGM-ENAV è costituita in parte da stazioni controllate dall'Ufficio Generale di Meteorologia dell'Aeronautica Militare (UGM) e in parte da stazioni attualmente sotto il controllo dell'Ente Nazionale di Assistenza al Volo (ENAV). All'interno del database SCIA confluiscono i dati di circa 200 stazioni (Fig. 16.6/3).

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---

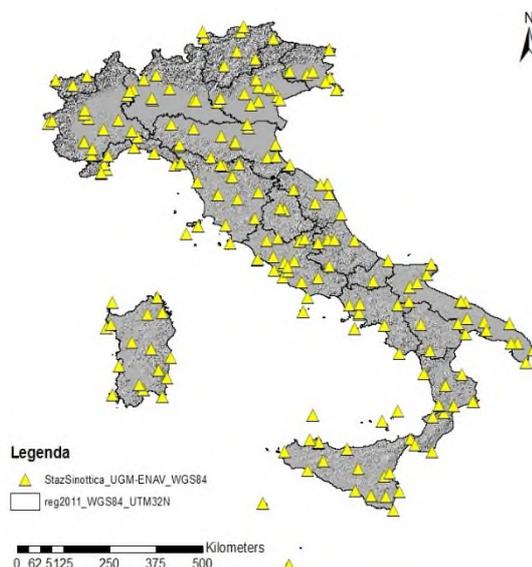


Figura 16.6/ 3 – Ubicazione delle stazioni appartenenti alla rete Sinottica UGM-ENAV

Rete mareografica

La rete mareografica è controllata dal Servizio Mareografico Nazionale (SMN) ed è costituita da 36 stazioni di rilevamento. All'interno del *database* SCIA confluiscono i dati di 34 stazioni appartenenti alla rete (Fig. 16.6/4). I dati derivanti dalle stazioni della rete mareografica non sono stati direttamente utilizzati per le caratterizzazioni ma sono stati in alcuni casi utilizzati come termine di confronto per la omogeneizzazione delle serie di dati.

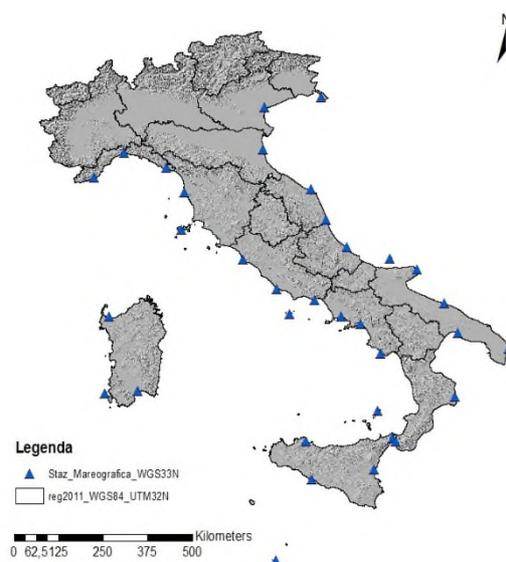


Figura 16.6/ 4 – Ubicazione delle stazioni appartenenti alla rete Mareografica

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Rete UCEA-RAN

La rete UCEA-RAN comprende le stazioni automatiche della Rete Agrometeorologica Nazionale dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria i cui dati partono dal 1991. All'interno del *database* SCIA confluiscono i dati di 45 stazioni (Fig.16.6/5).

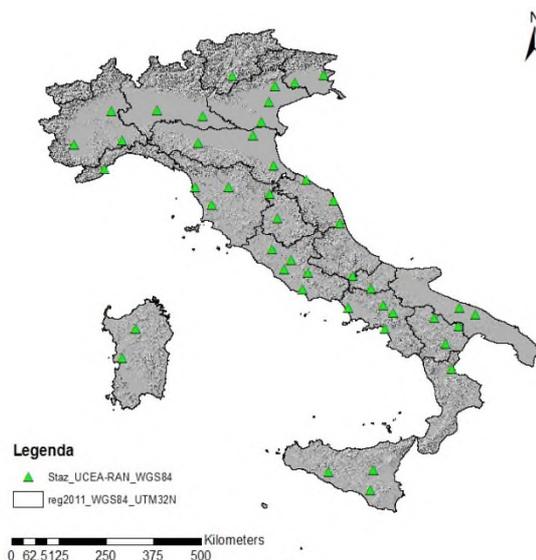


Figura 16.6/ 5 – Ubicazione delle stazioni appartenenti alla rete UCEA-RAN

Rete UCEA-UCST

La rete comprende 100 stazioni termopluviometriche “storiche” dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria del Ministero delle Politiche Agricole (Fig. 16.6/6).

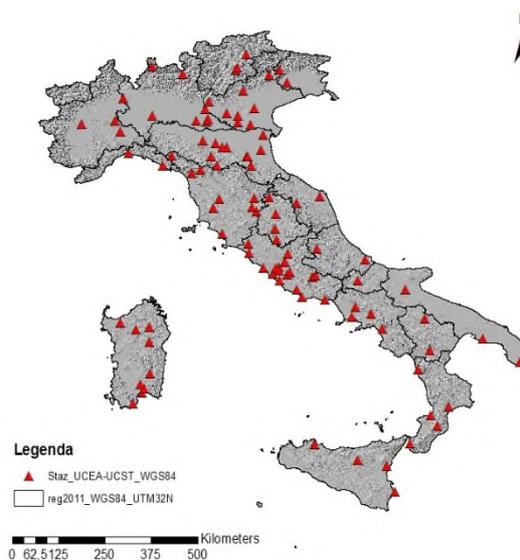


Figura 16.6/ 6 – Ubicazione delle stazioni appartenenti alla rete UCEA-UCST

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Rete regionale

La rete comprende le stazioni di competenza regionale. All'interno del database SCIA confluiscono i dati di circa 1400 stazioni appartenenti alle seguenti reti regionali (Fig. 16.6/7):

- Meteo Trentino
- Provincia autonoma di Bolzano
- ARPA – Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale di: Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania, Regione Emilia Romagna, Regione Friuli Venezia Giulia, Regione Liguria, Regione Lombardia, Regione Piemonte, Regione Sardegna, Regione Toscana, Regione Valle d'Aosta, Regione Veneto
- ASSAM – Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche
- ARSIAL Lazio
- Assocodi Puglia
- SIAS – Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano

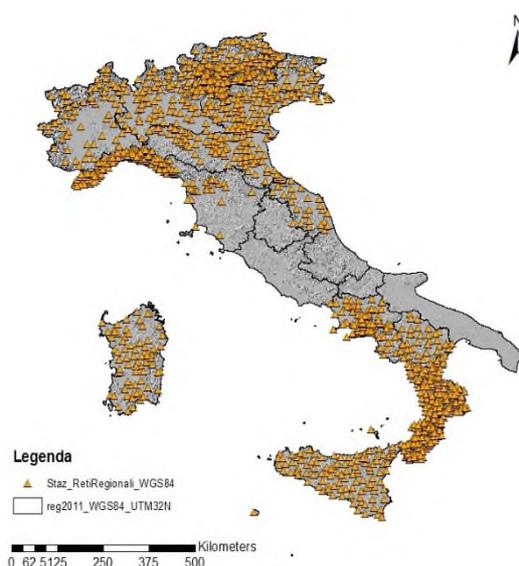


Figura 16.6/7 – Ubicazione delle stazioni appartenenti alle reti regionali (ARPA - Province autonome – ASSAM – SIAS)

Analisi degli eventi estremi

I dati sono stati ricavati dall'interrogazione del *database* ESWD (*European Severe Weather Database*, <http://www.essl.org/ESWD/>) gestito dal Laboratorio europeo per lo studio degli eventi estremi (ESSL - *European Severe Storms Laboratory*, <http://www.essl.org/>) in cui sono raccolte le segnalazioni, a livello europeo, di eventi considerati estremi. Le tipologie di eventi estremi selezionate riguardano tornado, piogge intense e forti grandinate e sono riportati come numero di eventi in un intervallo temporale. La selezione è avvenuta sia su parametri spaziali che temporali. L'interrogazione su base spaziale è stata effettuata con lo scopo di mantenere l'analisi a scala regionale utilizzando quadrati e/o rettangoli con aree comprese tra 8.000 e 10.000 km² circa tracciati sulla base delle caratteristiche geografiche e geomorfologiche delle

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



aree potenzialmente idonee considerate. L'intervallo di tempo considerato nell'interrogazione va dal 1998 al novembre 2018 e gli eventi sono stati considerati nel computo solo se la segnalazione inviata a ESSL è stata dichiarata verificata e approvata.

Analisi della fulminazione

I valori relativi alla fulminazione sono stati estrapolati dal *database* CESI-SIRF, di proprietà di CESI S.p.A. all'interno del quale confluiscono in tempo reale i dati di fulminazione acquisiti mediante il Sistema Italiano di Rilevamento Fulmini, attraverso l'interrogazione dell'applicazione CEI – ProDis realizzata dal Comitato Elettrotecnico Italiano e disponibile al *link* <http://servizi.ceinorme.it/prodis/>.

I valori sono stati ottenuti inserendo nell'applicazione i valori di latitudine e longitudine relativi ad un punto posto all'interno dell'area approssimativamente al centro di essa.

16.6.4 Conclusioni

In base a quanto richiesto dalla Guida Tecnica 29 durante l'ultima fase di analisi è stato condotto un approfondimento delle condizioni meteorologiche delle aree risultanti dai precedenti livelli di analisi. Oltre ai "classici" valori di precipitazioni e temperature medie si è tenuta considerazione anche di quegli eventi particolari che possono essere considerati e definiti estremi. Un evento può essere definito estremo sulla base di diversi fattori come ad esempio su base statistica, per cui un evento risulta estremo se si discosta nettamente dal valore centrale della distribuzione della variabile climatica considerata, oppure sulla base della probabilità con cui può verificarsi o sulla base dell'intensità con cui si manifesta o sulla base degli impatti esercitati sulla società e sull'ambiente. In questa fase di analisi a scala regionale la raccolta dei valori estremi, di vento, precipitazione e temperatura, si è basata sulla semplice individuazione dei valori massimi registrati negli ultimi vent'anni circa, mentre per l'analisi della frequenza degli eventi estremi la raccolta dei dati utili si è basata sui fattori di intensità e impatto su società e ambiente.

L'analisi dei dati e le proiezioni dei modelli climatici indicano che l'area mediterranea risulta particolarmente sensibile al cambiamento climatico. In particolare, le serie storiche di temperatura e precipitazione nell'ultimo secolo indicano che il clima in Italia sta diventando più caldo e più secco e mostrano una contemporanea lieve diminuzione delle precipitazioni ma un significativo cambiamento nella loro distribuzione temporale, che mostra eventi più rari ma più intensi (ISAC-CNR, 2009).

Un aumento di precipitazioni intense può portare però ad un aumento del rischio di alluvioni, frane ed erosione dei suoli e sono spesso causa di impatti negativi rilevanti sulla salute, le attività economiche, il territorio, l'ambiente e la società in genere (ISPRA, 2013). Lo studio dell'intensità e della frequenza degli eventi considerati estremi risulta inoltre avere una grande importanza per la progettazione in campo ingegneristico o per la previsione di possibili modifiche dell'ambiente fisico nel futuro.

La sensibilità dell'area mediterranea ai cambiamenti climatici e la conformazione geologica e geomorfologica della penisola italiana mostrano la necessità di tener conto, a livello di valutazione dell'evoluzione geomorfologica a medio e lungo periodo, non solo della precipitazione media annuale, ma anche della variazione della frequenza e dell'intensità di eventi estremi di precipitazione in quanto significativi per il degrado del suolo e la stabilità dei versanti (Diodato e Bellocchi, 2010).

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Le analisi utili alla definizione delle frequenze e delle intensità degli eventi estremi di interesse, in particolare delle precipitazioni, comportano un grande impegno sia per la raccolta dei dati che per l'elaborazione degli stessi (ad es. *Claps et al., 2013*). Per questo motivo la valutazione specifica dell'argomento può essere effettuata soltanto nelle successive fasi II e III del processo di localizzazione indicato nella GT29.

16.6.5 Verifiche successive al 2015

Le schede riportanti l'inquadramento meteo-climatico delle API sono state continuamente aggiornate sulla base dei nuovi dati resi disponibili dopo il 2014, in particolare nei database SCIA e ESWD-ESSL.

16.6.6 Bibliografia

Guide IAEA:

IAEA (2011) *Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, SSG-18

Bibliografia citata:

ESWD-ESSL (2014) ESWD – *Event reporting criteria* (<http://www.essl.org/ESWD/>)

Claps P., Laio F., Allamano P (2013) Gli Estremi degli Estremi: Eventi eccezionali e piogge di progetto, *Atti dei Convegni Lincei 270 – Incontro-dibattito “Cosa non funziona nella difesa dal rischio idro-geologico nel nostro paese? Analisi e rimedi”*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 23 marzo 2013

Corti S., Decesari S., Fierli F., Fuzzi S., Provenzale A., Sabbioni C., Santoleri R., Vitale V. (2009) *Clima, cambiamenti climatici globali e loro impatto sul territorio nazionale, Quaderni dell'ISAC, volume 1*, pp. 58

Diodato N., Bellocchi G. (2010) *Storminess and Environmental Changes in the Mediterranean Central Area. Earth Interactions*, **14**, 1–16.

Fioravanti G., Piervitali E., Desiato F., Perconti W., Frascchetti P. (2013) *Variazioni e tendenze degli estremi di temperatura e precipitazione in Italia*, Rapporto ISPRA, Serie Stato dell'Ambiente 37/2013

Fioravanti G. (2014) *Analisi statistica degli estremi di precipitazione in Italia*, Rapporto ISPRA, Serie Stato dell'Ambiente 51/2014

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.7 PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI TERRENI (CA7)

Il criterio di approfondimento CA7 contenuto nella GT29 chiede di valutare i parametri fisico-meccanici dei terreni, specificando che:

“Sono caratteristiche che influenzano in particolare la capacità portante e la suscettibilità a fenomeni di liquefazione.”

Per i riferimenti IAEA della SSG-29 (2014) si rimanda a quanto riportato nel capitolo relativo ai criteri di esclusione CE9 e CE10.

Nella presente fase di localizzazione sono state eseguite alcune attività speditive nel corso del 6° livello di analisi per definire un inquadramento geologico delle aree non escluse e per raccogliere, laddove disponibili, alcuni dati relativi a parametri geotecnici. Da queste attività è possibile trarre alcune prime indicazioni riguardo il criterio CA7.

La completa verifica del criterio richiede indagini dirette proprie delle successive fasi del processo di localizzazione.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.8 PARAMETRI IDROGEOLOGICI (CA8)

Il criterio di approfondimento CA8 contenuto nella GT29 chiede di valutare i parametri idrogeologici, specificando:

- “(a) *distanza dei livelli piezometrici dal piano di campagna e dalle strutture di fondazione del deposito e loro fluttuazioni periodiche, stagionali e non stagionali;*
(b) *distanza da sorgenti e da altri punti di captazione idrica;*
(c) *caratteristiche di conducibilità idraulica degli acquiferi, comprendenti la quota dei tetti e dei letti degli acquiferi e degli acquicludi, la loro estensione laterale e i loro coefficienti di permeabilità e di immagazzinamento;*
(d) *gradiente idraulico medio dell'area e velocità del flusso sotterraneo;*
(e) *valore dell'infiltrazione efficace;*
(f) *estensione delle superfici di ricarica degli acquiferi e loro distanza dall'area in valutazione;*
(g) *utilizzo delle acque per usi legati all'alimentazione umana diretta o indiretta;*
(h) *grado di complessità e possibilità di modellizzazione del sistema acquifero.*
Ci si riferisce anche a fenomeni e parametri non già valutati nell'applicazione del criterio CE 10.”

Per i riferimenti IAEA della SSG-29 (2014) si rimanda a quanto riportato nel capitolo relative al criterio di esclusione CE10.

Nella presente fase di localizzazione sono state eseguite alcune attività speditive nel corso del 6° livello di analisi per definire un inquadramento geologico ed idrogeologico delle aree non escluse corredato a volte da misure di alcuni parametri idrogeologici. Da tali attività è stato possibile trarre alcune prime indicazioni riguardo il criterio CA8 riportate nelle relazioni di inquadramento d'area della CNAPI.

La completa verifica del criterio richiede indagini dirette proprie delle successive fasi del processo di localizzazione.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.9 PARAMETRI CHIMICI DEL TERRENO E DELLE ACQUE DI FALDA (CA9)

Il criterio di approfondimento CA9 contenuto nella GT29 chiede di valutare i parametri chimici del terreno e delle acque di falda, specificando che:

“Alcune caratteristiche, ad esempio capacità di scambio cationico, presenza di sostanza organica, presenza di ossidi/idrossidi di Fe, Mn e Al, ecc. offrono indicazioni sull’efficacia del terreno nel limitare il trasferimento dei radionuclidi nelle acque di falda. Altre caratteristiche potrebbero, al contrario, determinare fenomeni di degrado delle strutture del deposito.”

Per i riferimenti IAEA della SSG-29 (2014) si rimanda a quanto riportato nel capitolo relative al criterio di esclusione CE10.

Nella presente fase di localizzazione sono state eseguite alcune attività speditive nel corso del 6° livello di analisi per definire un inquadramento geologico ed idrogeologico delle aree non escluse corredato a volte da misure di alcuni parametri idrogeologici e da indicazioni sui suoli. Da tali attività è possibile trarre solo alcune generali indicazioni riguardo il criterio CA9 che sono riportate nelle relazioni di inquadramento d’area della CNAPI.

La completa verifica del criterio richiede indagini dirette proprie delle successive fasi del processo di localizzazione.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



16.10 PRESENZA DI *HABITAT* E SPECIE ANIMALI E VEGETALI DI RILIEVO CONSERVAZIONISTICO, NONCHE' DI GEOSITI (CA10)

16.10.1 Introduzione

Il criterio di approfondimento CA10 contenuto nella GT29 chiede di valutare la presenza di *habitat* e specie animali e vegetali di rilievo conservazionistico nonché di geositi, specificando che:

“Si deve tenere conto, esternamente alle aree naturali protette di cui al criterio CE11, degli Allegati delle Direttive 92/43/CEE e 2009/147/CEE per habitat e specie animali e vegetali e della banca dati ISPRA per i Geositi. In fase di caratterizzazione si deve inoltre tener conto della eventuale presenza di specie a rischio segnalate nelle Liste Rosse della Flora e della Fauna Italiane (International Union of Conservation of Nature - IUCN)”.

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The site should be located so that the environment will be adequately protected for the entire lifetime of the facility and so that potential adverse impacts can be mitigated to an acceptable degree, technical, economic, social and environmental factors being taken into account. Near surface disposal facilities should comply with the requirements for protection of the environment”.*

L'analisi del criterio CA10 è stata effettuata mediante un'analisi GIS a livello nazionale, finalizzata alla selezione di *habitat* e specie da analizzare nella fase di rilevamento in campo, e parallelamente un approfondimento mediante *Screening* Manuale al 5° e 6° livello. Quest'ultimo ha determinato anche l'esclusione di alcune aree o porzioni delle stesse, come illustrato nei capitoli specifici.

Tutte le elaborazioni sono state svolte previa organizzazione dei dati sorgente, descritti nel paragrafo 16.10.2.

16.10.2 Dati di riferimento

L'analisi del criterio CA10 ha previsto principalmente l'esame delle specie e *habitat* di Direttiva Habitat 92/43/CEE, effettuata secondo la procedura descritta nei paragrafi successivi ed utilizzando tematismi disponibili a copertura nazionale. Questi ultimi sono relativi alla distribuzione di *habitat* e specie di Direttiva allegati al **3° Rapporto Nazionale Direttiva Habitat** (periodo 2007-2012) e trasmesso nel 2013 alla Commissione Europea. Il suddetto Rapporto, redatto ai sensi dell'Art. 17 della Direttiva Habitat, comprende un resoconto sull'attuazione delle disposizioni adottate nell'ambito della Direttiva stessa, informazioni relative alle misure di conservazione intraprese e una sintesi dello stato di conservazione delle specie e degli *habitat* di interesse comunitario (allegati I, II, IV e V della Direttiva).

Gli allegati del Rapporto consistono nelle mappe di distribuzione delle specie e degli *habitat* (presenti in un *database* dedicato) e nelle schede di valutazione delle stesse, comprensivi dello Stato di Conservazione complessivo¹⁶. I risultati del rapporto sono

¹⁶ Lo stato di conservazione di un habitat naturale, è inteso come *“l'effetto della somma dei fattori che influiscono sull'habitat naturale in causa, nonché sulle specie tipiche che in esso si trovano, che possono alterare a lunga scadenza la sua ripartizione naturale, la sua struttura e le sue funzioni, nonché la*

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



sintetizzati nel Volume ISPRA, Rapporti 194/2014: *Specie e habitat di interesse comunitario in Italia: distribuzione, stato di conservazione e trend* (Genovesi P., Angelini P., Bianchi E., Dupré E., Ercole S., Giacanelli V., Ronchi F., Stoch F., 2014).

I file *shape* utilizzati per le elaborazioni sono le mappe di distribuzione, suddivise in due file, uno relativo alle specie faunistiche/floristiche e l'altro agli *habitat* di Direttiva.

Parallelamente agli *habitat* ed alle specie sono state analizzate le **IPA – Important Plant Areas** (Blasi *et al.*, 2010), consultate tramite il Sistema Web-Gis del sito Natura Italia¹⁷.

Le IPA -*Important Plant Areas*- delimitano aree che presentano al loro interno *habitat* e specie vegetali di direttiva, di interesse conservazionistico, rare, minacciate o presenti in lista rossa. Per specie vegetali si intendono non solo le piante vascolari ma anche le briofite, le alghe, i licheni e i funghi. Secondo la definizione di Anderson (2002), un'Area Importante per le Piante (IPA) è *“un'area naturale o seminaturale che dimostri di possedere un'eccezionale diversità botanica e/o ospiti popolazioni di specie rare, minacciate e/o endemiche e/o tipi di vegetazione di alto valore botanico”*.

Le IPA, sono state esaminate ai fini della presente analisi poiché rappresentano delle aree che rispettano almeno uno dei seguenti criteri (Palmer & Smart, 2001, Anderson, 2002 in Blasi *et al.*, 2009, 2010):

“-Criterio A “specie di interesse conservazionistico”, prevede che il sito contenga popolazioni significative di una o più specie che siano di interesse conservazionistico globale, europeo o nazionale;

-Criterio B “ricchezza floristica”, prevede che il sito dimostri di avere una flora eccezionalmente ricca nel contesto europeo in relazione alla sua zona biogeografica;

-Criterio C “habitat”, prevede che il sito sia un esempio eccezionale di un tipo di habitat vegetazionale di interesse conservazionistico globale o europeo”.

Per quanto riguarda l'ornitofauna sono state utilizzate le aree **IBA – Important Birds Area** – e le mappe di distribuzione delle specie di Direttiva Uccelli 79/409/CEE (abrogata e sostituita integralmente dalla Direttiva 2009/147/CEE), allegate al Report Articolo 12 della Direttiva Uccelli. Entrambi i tematismi sono disponibili su copertura nazionale.

Si è scelto di analizzare le aree IBA e di utilizzarle come criterio di approfondimento, ed eventuale esclusione, poiché esse rappresentano uno strumento tecnico per l'individuazione di aree prioritarie per la conservazione delle specie, presenti nell'allegato I della Direttiva Uccelli, e delle altre specie migratrici, come anche indicato nella Sentenza della Corte di Giustizia UE 20 marzo 2003, causa C-378/01 *“Inadempimento di uno Stato - Direttiva 79/409/Cee - Zone di protezione speciale – Conservazione degli uccelli selvatici”*.

sopravvivenza delle sue specie tipiche nel territorio di cui all'articolo 2. Lo stato di conservazione di un habitat naturale è considerato favorevole quando la sua area di ripartizione naturale e le superfici che comprende sono stabili o in aumento, la struttura e le funzioni specifiche necessarie al suo mantenimento a lungo termine esistono e possono continuare ad esistere in un futuro prevedibile, lo stato di conservazione delle sue specie tipiche è favorevole”. Per quanto riguarda le specie, lo stato di conservazione è considerato favorevole quando *“i dati relativi all'andamento delle popolazioni della specie indicano che tale specie continua, e può continuare a lungo termine, ad essere un elemento vitale degli habitat naturali cui appartiene, l'area di ripartizione naturale di tale specie non è in declino né rischia di declinare in un futuro prevedibile, esiste e continuerà probabilmente ad esistere un habitat sufficiente affinché le sue popolazioni si mantengano a lungo termine”* (Estratto dalla Direttiva 92/43/CEE, articolo 1).

¹⁷ www.naturaitalia.it

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Le IBA vengono individuate essenzialmente in base al fatto che ospitano un numero significativo di popolazioni di specie rare o minacciate oppure che ospitano eccezionali concentrazioni di uccelli di altre specie (Brunnel *et al.*, 2002). La loro individuazione avviene secondo una serie di criteri illustrati nella Relazione finale "Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base della rete delle IBA (Important Bird Areas)" (Brunnell *et al.*, *l.c.*), a cui si rimanda per i dettagli.

Il file delle IBA, scaricato dal Portale Cartografico Italiano (PCN), presenta delle problematiche relativamente alle perimetrazioni, come indicato nel metadato completo, estratto e riportato nelle note seguenti in corsivo.

"Ciascuna IBA è stata digitalizzata e georeferenziata partendo dalla base cartografica IGM 1:25.000 utilizzando Arcview (ESRI). Un problema di cui si deve tenere conto è dato dalle IBA per le quali è stata scelta una perimetrazione coincidente a quella di una ZPS, un SIC o area protetta esistente. Infatti, spesso, i perimetri digitalizzati delle due entità sovrapposte non coincidono per diverse ragioni come, ad esempio, il fatto che la scala utilizzata per ZPS, SIC e aree protette è meno dettagliata di quella utilizzata per perimetrare le IBA; oppure che i perimetri delle ZPS, dei SIC e delle aree protette non sono aggiornati. In questi casi, si è scelto di digitalizzare comunque il perimetro dell'IBA a scala 1: 25.000 sulla base di cartografia tradizionale più accurata. Ne consegue un'apparente discrepanza nei perimetri elettronici tra le IBA e le ZPS o le aree protette."

Le **mappe di distribuzione delle specie di uccelli della Direttiva Uccelli**, sono allegate al 2° Rapporto Nazionale 2008-2012 relativo allo stato di conservazione degli uccelli, ai sensi dell'articolo 12 della Direttiva Uccelli 2009/147/CEE, che contiene l'aggiornamento dell'implementazione della Direttiva a livello nazionale. Infatti, l'articolo 12 impone agli Stati membri di riferire sui progressi realizzati nell'attuazione della Direttiva Uccelli.

Tutti i dati di distribuzione sono riportati su una griglia di celle 10x10 km nel *datum* ETRS 89 in proiezione LAEA ETRS 52 10.

I file utilizzati nella presente analisi sono riportati nella seguente tabella 16.10/1.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



	File	Contenuti	Data download	Fonte	Link Download
SPECIE FAUNA ¹⁸ E FLORA	IT_Art17_species_distribution.shp	Distribuzione potenziale delle specie	05/06/2014	EIONET	http://cdr.eionet.europa.eu/it/eu/art17/envupyjhw
HABITAT	IT_Art17_habitats_distribution.shp	Distribuzione potenziale degli habitat	05/06/2014	EIONET	http://cdr.eionet.europa.eu/it/eu/art17/envupyjhw
	Map of the Important Plant Areas (IPAs) in Italy.jpg	Carta delle Aree Importanti per le Piante	05/06/2014	MATTM	Blasi C., Marignani M., Copiz R., Fipaldini M., Bonacquisti S., Del Vico E., Rosati L., Zavattoni L., 2008 (vedi capitolo "Fonti bibliografiche")
CARTA DELLA NATURA	CNAT_PUG_v1_2013.shp	Regione Puglia	29/07/2014 ¹⁹	ISPRA	
	Lazio_nov2010.mdb Basilicata_mar2013.mdb Sardegna_dic2010.mdb	Regione Lazio, Basilicata e Sardegna	16/09/2013	ISPRA	
	DatiCartaNatura.mdb	Regione Sicilia		ISPRA	CD-ROM "Carta della Natura: risultati, applicazioni e sviluppi futuri". Roma, 11-12 giugno 2009.
UCCELLI	IT_Art12_birds_distribution	Mappe di distribuzione delle specie di uccelli della Direttiva Uccelli	25/08/2014	EIONET – Report Art. 12 Direttiva Uccelli	http://cdr.eionet.europa.eu/it/eu/art12/envuzmuow
	IBA	Limiti delle IBA – Important Birds Area	17/04/2013	MATTM	Geoportale Cartografico Nazionale
	IT_10km.shp	Griglia europea (ETRS) con celle di 10x10 km	05/06/2014	EEA	http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2#tab-gis-data
GEOSITI	geositi_point.shp geositi_poly.shp	Mappe dei geositi (puntuali e poligonali)	29/07/2014 ²⁰	ISPRA	

Tabella 16.10/1 - Elenco dei tematismi di origine utilizzati per l'analisi del Criterio CA10

16.10.3 Applicazione del criterio

Per il criterio di Approfondimento CA10, si è proceduto eseguendo due operazioni: la selezione di specie e *habitat* da verificare in campo (al 6° livello – Rilievi speditivi) e l'esclusione di alcune aree che, dal confronto con alcuni dei tematismi elencati in Tabella 16.10/1, risultavano interessate da *habitat*, aree IPA, Aree IBA e/o specie di Direttiva.

¹⁸ Eccetto ornitofauna.

¹⁹ Data di trasmissione a Sogin.

²⁰ Data di trasmissione a Sogin

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



La prima analisi, propedeutica alla selezione di specie e *habitat* oggetto di studio nella fase di “Rilievi speditivi” (6° livello), è consistita principalmente con l’esame dei tematismi, aventi copertura nazionale, relativi alla distribuzione delle specie e degli *habitat* di Direttiva 92/43/CEE e descritti nel paragrafo 16.10.2.

Lo studio è avvenuto per livelli successivi di analisi, effettuando inizialmente un approfondimento sulle aree non escluse disponibili al momento dell’elaborazione. Tale analisi era finalizzata alla predisposizione del materiale utile per la fase di *screening* al 5° (*Screening* manuale) ed al 6° livello (Rilievi speditivi).

All’inizio delle elaborazioni si è effettuata una valutazione preliminare delle specie e degli *habitat* di Direttiva, su una porzione di territorio più estesa di quella che è emersa dalle successive analisi al 5° e 6° livello.

In generale, per i singoli tematismi di *input* (distribuzione degli *habitat* e delle specie) è stato fatto l’*overlaying mapping*, mediante GIS, con le aree non escluse disponibili all’atto delle analisi. Tale operazione di taglio (*clipping*) ha fornito un elenco di specie e *habitat* potenzialmente ricadenti nelle aree di studio. Su di esse sono state reperite, principalmente via *web*, informazioni sull’ecologia delle stesse, la distribuzione, il livello di minaccia e l’eventuale appartenenza ad *habitat* di Direttiva (per le specie floristiche). Per gli *habitat* sono stati inseriti anche i dati sullo stato di conservazione nelle regioni biogeografiche interessate, e, laddove facilmente reperibili, anche informazioni relative alla rarità nel territorio italiano. Tali informazioni preliminari, e da approfondire nella fase di campo, sono state tratte solo dalla bibliografia consultata sul *web* e dal Volume ISPRA, Rapporti 194/2014 (Genovesi *et al.*, 2014) (cfr. paragrafo 16.10.7).

Tale analisi preliminare è stata utile per discriminare *habitat* e specie che presentavano una distribuzione ed un’ecologia non compatibile con i criteri di esclusione ed approfondimento della Guida Tecnica dell’ISPRA. Ad esempio, le specie marine non sono utili ai fini delle elaborazioni nell’ambito del criterio CA10, poiché le linee guida ISPRA escludono le aree prossime al mare.

Altre specie/*habitat* invece sono state selezionate perché rilevabili solo in fase di campo: le specie/*habitat* legati, ad esempio, alle zone umide, sono stati esaminati direttamente al 6° livello di analisi.

Per la procedura di esclusione, invece, inizialmente sono state analizzate le *Aree non escluse al 4° livello* e sono state confrontate con le aree IPA, presenti nella documentazione bibliografica (Blasi *et al.*, 2008, Blasi *et al.*, 2009, Blasi *et al.*, 2010) e sul sito di “Natura Italia”. Il confronto ha evidenziato delle aree di sovrapposizione che sono state inserite nelle aree da escludere, poiché presentavano al loro interno *habitat* e specie di direttiva, di interesse conservazionistico, rare, minacciate o presenti in lista rossa (vedi definizione di IPA al paragrafo 16.10.2).

Dopo la suddetta analisi, si è proceduto ad esaminare gli *habitat*, risultanti dalle precedenti elaborazioni di selezione, al fine di verificarne l’effettiva presenza. Tale valutazione è stata effettuata a *monitor* tramite il controllo incrociato tra le ortofoto digitali, disponibili sul Geoportale Cartografico Nazionale, la Carta della Natura (laddove disponibile) e la fotointerpretazione.

L’analisi è stata condotta al 5° livello solo per la Regione Sardegna per la quale si disponeva di un *set* di dati comprensivo delle informazioni relative ai geoparchi, dato non ancora disponibile, all’epoca, per le altre regioni. Laddove la presenza dell’*habitat* è stata confermata dal suddetto controllo a video, tale informazione è stata utilizzata per

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



l'esclusione dell'area in cui ricadeva. Ad esempio, l'*habitat* di direttiva 6310 *Dehesas con Quercus ssp. sempreverde*, risultava essere identificabile tramite l'utilizzo combinato delle ortofoto digitali disponibili sul Portale Cartografico Nazionale (servizio WMS), delle immagini satellitari di Google Maps (talora anche unitamente alla funzione *Street View*) e di Carta della Natura.

L'esclusione è stata totale o parziale a seconda dell'estensione dell'*habitat* all'interno dell'area in esame. Tale analisi non è stata effettuata per le specie, poiché la presenza delle stesse non può essere discriminata da un controllo a video, ma richiede degli approfondimenti bibliografici e di campo.

Le altre regioni sono state analizzate al 5° livello tramite controllo a video che non ha determinato ulteriori esclusioni.

Le aree IBA e le mappe di distribuzione delle specie di uccelli (paragrafo 16.10.2) sono state analizzate al 5 e 6° livello, attraverso delle operazioni di *Overlaying Mapping* che hanno comportato l'individuazione di aree o porzioni delle stesse da escludere (paragrafo 16.10.5.3).

Per quanto riguarda i geositi, oggetto anch'essi del criterio CA10, trattandosi prevalentemente di aree puntuali, sono stati direttamente presi in considerazione durante le attività di campo (6° livello), senza tuttavia determinare esclusioni.

Ulteriori esclusioni sono state effettuate al 6° e 7° livello di analisi, conseguentemente ai rilevamenti di campo svolti all'interno delle aree e alle osservazioni ISPRA.

16.10.4 Selezione di specie e *habitat* da verificare nei rilievi speditivi

16.10.4.1 Selezione delle specie

Lo studio ha riguardato l'analisi di distribuzione delle specie (vedi Tabella 16.10/1) nelle aree non escluse disponibili al momento delle elaborazioni.

Per le aree risultanti dall'analisi di 2° livello è stato effettuato un *Overlaying mapping* (funzione *clip*) con il file di distribuzione delle specie.

Il risultato dell'elaborazione è un file *shape* a cui è stato aggiunto un nuovo campo ("Tipo specie") per distinguere le specie animali (A) da quelle vegetali (V).

Il file precedente è stato collegato, tramite la funzione *join* di ArcMap, con una tabella (par. 16.10.4.4) in cui per ogni specie è riportato se è oggetto o meno di eliminazione in funzione della propria ecologia o se essa è stata oggetto di approfondimento in fase di campagna.

Per ogni specie, è stato riportato il *taxon* di appartenenza, l'allegato della Direttiva Habitat in cui è presente, il tipo di ambiente in cui vive, la eventuale presenza nella lista rossa nazionale e, se disponibile, una scheda *web* da cui è possibile trarre delle informazioni utili. Per le specie vegetali è specificata anche la forma biologica e l'eventuale presenza in un *habitat* Natura 2000.

Il file *shape* risultante è stato confrontato con le aree IPA, utilizzando la "Carta delle Aree Importanti per le Piante" disponibile in formato *jpg* e georiferita da Sogin (tramite la funzione *Georeferencing* di ArcMap). Tale verifica è stata ulteriormente validata con i dati disponibili sul *web* Gis di Natura Italia, al fine di verificare se ci fossero delle specie che ricadevano in aree IPA.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Il passo successivo è stata la selezione delle specie animali e vegetali non utili ai fini delle elaborazioni successive per motivi ecologici (specie marine, costiere, ecc.), poiché riferite ad ambienti esclusi dai criteri GT29. Tali specie sono 23 e sono riportate nella seguente Tabella 16.10/2.

Code	Species	Taxa	Allegato	Ambiente	Distribuzione
1001	<i>Corallium rubrum</i>	cnidari	V	marina	
1008	<i>Centrostephanus longispinus</i>	echinodermi	IV	marina	
1012	<i>Patella ferruginea</i>	molluschi	IV	marina	
1027	<i>Lithophaga lithophaga</i>	molluschi	IV	marina	
1028	<i>Pinna nobilis</i>	molluschi	IV	marina	
1064	<i>Fabriciana elisa</i>	lepidotteri	IV	aree ecotonali	Endemica Sardegna
1090	<i>Scyllarides latus</i>	decapodi	V	marina	
1152	<i>Aphanius fasciatus</i>	pesci	II	acque salmastre	
1155	<i>Knipowitschia panizzae</i>	pesci	II	acque salmastre	
1224	<i>Caretta caretta</i>	rettili	II*,IV	marina	
1349	<i>Tursiops truncatus</i>	cetacei	II,IV	marina	
1350	<i>Delphinus delphis</i>	cetacei	IV	marina	
1468	<i>Dianthus rupicola</i>	Caryophyllaceae	II,IV	costieri	Italia meridionale
1496	<i>Brassica insularis</i>	Brassicaceae	II,IV	costieri	Endemica Sardegna e Isola Pantelleria.
1608	<i>Rouya polygama</i>	Apiaceae	II,IV	dunali costieri	Endemica Sardegna
1634	<i>Limonium insulare</i>	Plumbaginaceae	II*,IV	dunali costieri	Endemica Sardegna
1715	<i>Linaria flava</i>	Plantaginaceae	II,IV	costieri	
2030	<i>Grampus griseus</i>	cetacei	IV	marina	
2034	<i>Stenella coeruleoalba</i>	cetacei	IV	marina	
2035	<i>Ziphius cavirostris</i>	cetacei	IV	marina	
2621	<i>Balaenoptera physalus</i>	cetacei	IV	marina	
4047	<i>Brachytrupes megacephalus</i>	ortotteri	II	dunali e retrodunali	
5031	<i>Physeter catodon</i>	cetacei	II	marina	

Tabella 16.10/2 - Elenco delle specie vegetali e animali non prese in considerazione in quanto riferite ad ambienti esclusi dai criteri GT29

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Riassumendo, l'eliminazione delle suddette specie dalle analisi successive è, quindi, riconducibile ai seguenti motivi:

- Specie di ambienti marini (eliminate per il Criterio CE8);
- Specie di ambienti salini (eliminate per il Criterio CE8);
- Specie di ambienti costieri (eliminate per il Criterio CE8);
- Specie di ambienti dunali e retrodunali (eliminate per il Criterio CE8);
- Specie presenti al di sopra dei 900 m (eliminate per il Criterio CE6).

Nei *geodatabase* popolati con i dati dei sopralluoghi sono presenti anche le specie che sono state oggetto di approfondimento riguardo la verifica lungo eventuali corsi d'acqua o piccole zone umide. Tali specie sono estrapolabili dal campo "*Info per elaborazioni*" = *utili x approfondimento in sito*. Questa indicazione è stata inserita poiché molte di queste specie selezionate sono legate ad ambienti acquatici, che, in questa fase di *screening*, non è possibile evidenziare tramite la sola analisi delle ortofoto o della bibliografia.

Nel caso di specie di zone umide, si è rimandato l'approfondimento ai rilievi speditivi sul campo, in cui si è richiesta l'analisi di eventuali zone umide puntuali o corsi d'acqua, se presenti nell'area di studio. Solo per una specie di Lepidottero, *Parnassius mnemosyne*, è stato verificato se fossero state presenti aree con quote al di sopra dei 600 m.

I file con gli elenchi delle specie selezionate sono stati, quindi, la base di lavoro della fase di rilevamento e presentano i seguenti gruppi di specie:

1. specie non utili per le elaborazioni in quanto riferite ad ambienti esclusi dai criteri GT29;
2. specie da consultare per gli approfondimenti di campo (6° livello);
3. specie da analizzare nella fase che precede l'attività di campo (6° livello).

Il file finale di lavoro, che presenta solo le specie del precedente punto 3, è stato, quindi, semplificato a livello topologico.

In un secondo momento è stato comunque effettuato un aggiornamento del suddetto file con le aree non escluse al 5° livello (vedi paragrafo 16.10.4.3).

Sinteticamente, le operazioni GIS svolte sono le seguenti:

- 1) operazione di *clip* tra i file di distribuzione delle specie e le aree non escluse;
- 2) al file ottenuto sono stati assegnati tutti i dati associati alle specie, con tutte le informazioni utili in merito all'ecologia, la distribuzione, le criticità, ecc.;
- 3) esame delle aree risultanti con le IPA;
- 4) il file è stato quindi depurato delle specie non prese in considerazione in quanto riferite ad ambienti esclusi dai criteri GT29;
- 5) il file ottenuto copriva tutta Italia. I dati sulle specie da indagare in sopralluogo sono stati, quindi, predisposti in due file separati: uno per le regioni continentali e la Sicilia ed uno per la Sardegna.

16.10.4.2 Selezione degli *habitat*

Lo studio ha riguardato l'analisi del file di distribuzione degli *habitat* (Tabella 16.10/1) nelle aree non escluse disponibili al momento delle elaborazioni.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Il procedimento è analogo a quello seguito per l'analisi delle specie di Direttiva Habitat. Inizialmente è stata effettuata una sovrapposizione tra le aree risultanti dall'analisi di 3° livello ed il file di distribuzione degli *habitat*; le aree risultanti sono state esaminate con le IPA, al fine di verificare se ci fossero degli *habitat* che ricadevano in aree IPA. Tale verifica è stata svolta utilizzando la "Carta delle Aree Importanti per le Piante" (Blasi *et al.*, 2008) ed il *WebGis* di Natura Italia.

Il passo successivo è stato la selezione degli *habitat* da non utilizzare nelle elaborazioni successive poiché rientranti in ambienti marini, costieri, salmastri, rupestri. Tali *habitat*, che non sono stati presi in considerazione in quanto riferiti ad ambienti esclusi dai criteri GT29, sono 21 e sono riportati nella Tabella 16.10/3. Per ogni *habitat*, è indicato il codice Natura 2000 e la denominazione, se prioritario²¹ e la motivazione per cui esso non è stato analizzato nelle elaborazioni successive.

Code	Description	Prioritario	Motivo
1110	Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina	NO	marino
1120	Praterie di Posidonie (<i>Posidonium oceanicae</i>)	SI	marino
1130	Estuari	NO	acque salmastre
1150	Lagune costiere	SI	acque salmastre
1160	Grandi cale e baie poco profonde	NO	costiero
1170	Scogliere	NO	costiero
1210	Vegetazione annua delle linee di deposito marine	NO	costiero
1240	Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con <i>Limonium</i> spp. endemici	NO	costiero
1310	Vegetazione annua pioniera a <i>Salicornia</i> e altre specie delle zone fangose e sabbiose	NO	acque salmastre
1410	Pascoli inondatai mediterranei (<i>Juncetalia maritimi</i>)	NO	costiero
1420	Praterie e fruticeti mediterranee e termo-atlantici (<i>Sarcocornetea fruticosi</i>)	NO	acque salmastre
1430	Praterie e fruticeti alonitrofilo (<i>Pegano-Salsoletea</i>)	NO	alofilo
1510	Steppe salate mediterranee (<i>Limonietalia</i>)	SI	alofilo
2110	Dune mobili embrionali	NO	dunale
2120	Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> ("dune bianche")	NO	dunale
2210	Dune fisse del litorale del <i>Crucianellion maritimae</i>	NO	dunale
2230	Dune con prati dei <i>Malcolmietalia</i>	NO	dunale
2240	Dune con prati dei <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua	NO	dunale
2250	Dune costiere con <i>Juniperus</i> spp.	SI	dunale
2270	Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>	SI	dunale
8330	Grotte marine sommerse o parzialmente sommerse	NO	marino

Tabella 16.10/3 - Elenco di *habitat* non presi in considerazione in quanto riferiti ad ambienti esclusi dai criteri GT29

²¹ Ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Prima di convalidare la lista degli *habitat* suddetti, ed escluderli quindi dalle successive elaborazioni, si è proceduto comunque ad un confronto con la carta della Natura, prodotta da ISPRA, nelle aree laddove era disponibile. L'*habitat* 2260 "Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*" è stato tolto dall'elenco di Tabella 16.10/3, poiché alcune aree si sovrapponevano con poligoni delimitanti garighe e macchie sempreverdi, quali 16.28 "Cespuglieti a sclerofille delle dune", 32.211 "Macchia bassa a olivastro e lentisco" e 32.3 "Garighe e macchie mesomediterranee silicicole", che sono stati quindi verificati in campo.

L'*habitat* 2330 "Praterie aperte a *Corynephorus* e *Agrostis* su dossi sabbiosi interni" è stato segnalato (Genovesi *et al.*, *l.c.*) su ambienti dunali interni dell'Italia Settentrionale (Emilia Romagna, Lombardia, Piemonte) e, quindi, potenzialmente analizzabile nella fase successiva di *screening*. Si è rilevato poi, nei livelli successivi, che le aree non escluse comunque non ricadevano in zone dove l'*habitat* era stato segnalato.

L'eliminazione dei suddetti *habitat* (Tab. 16.10/3) dalle analisi successive è stato, quindi, riconducibile ai seguenti motivi:

- *Habitat* marini (eliminati per il Criterio CE8);
- *Habitat* alofili e/o di acque salmastre (eliminati per il Criterio CE8);
- *Habitat* costieri (eliminati per il Criterio CE8);
- *Habitat* dunali e retrodunali (eliminati per il Criterio CE8).

Il file di lavoro, depurato dagli *habitat* non utili per le elaborazioni (campo *Info per elaborazioni* = "non utile-cancellare da lista", presente sul geodatabase predisposto per il popolamento con i dati dei sopralluoghi), è la base di analisi dello *screening* manuale al successivo livello.

È stato, quindi, predisposto un elenco di *habitat* da analizzare esclusivamente nell'analisi di 6° livello "Rilievi speditivi" (campo "Info per elaborazioni" = "utili x approfondimento in sito"). Questa indicazione è stata inserita poiché in questa fase di *screening* manuale non è possibile evidenziare tali *habitat* tramite la sola analisi delle ortofoto o della bibliografia generale. Gli *habitat* che sono stati analizzati in fase di sopralluogo rientrano, quindi, nelle seguenti tipologie e sono distinti in:

- *habitat* di acque stagnanti (31²²) e correnti (32);
- praterie umide seminaturali con piante erbacee alte (64);
- paludi basse calcaree (72);
- foreste dell'Europa temperata (91);
- formazioni erbose naturali (61);
- formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli (62);
- formazioni erbose mesofile (65);
- torbiere acide di sfagni (71);
- ghiaioni (81);
- pareti rocciose con vegetazione casmofitica (82);
- altri *habitat* rocciosi (83);
- foreste mediterranee caducifoglie (92);
- foreste sclerofille mediterranee (93);
- foreste di conifere delle montagne mediterranee e macaronesiche (95).

²² Classificazione presente nell'Allegato 1 della Direttiva 92/43/CEE.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Per ogni *habitat*, è riportata l'indicazione relativa al carattere prioritario o meno dello stesso, l'ambiente a cui è associato e l'eventuale rarità, quest'ultima ricavata dal Report ex Art. 17 (Genovesi *et al.*, *l.c.*).

Nel caso di zone umide, l'approfondimento ha richiesto l'analisi in campo di eventuali zone umide puntuali o corsi d'acqua nell'area in esame.

Successivamente è stato effettuato un aggiornamento del suddetto file con le aree non escluse al 5° livello (vedi paragrafo 16.10.4.3).

Sinteticamente, le operazioni GIS svolte sono le seguenti:

- 1) operazione di *clip* tra i file di distribuzione degli *habitat* e le aree non escluse;
- 2) esame delle aree risultanti con le IPA;
- 3) al file ottenuto sono stati riassegnati tutti i dati associati agli *habitat*, con tutte le informazioni utili in merito all'ecologia, la distribuzione, le criticità, ecc.;
- 4) il file è stato quindi depurato degli *habitat* non presi in considerazione in quanto riferiti ad ambienti esclusi dai criteri GT29;
- 5) il file ottenuto copriva tutta Italia, eccetto la regione Sardegna, il cui file di distribuzione di *habitat* è stato predisposto separatamente, sempre secondo lo stesso procedimento.

16.10.4.3 Aggiornamento dei file utili per l'analisi al 6° livello

Successivamente, al fine di rendere più immediata l'analisi degli *habitat* e specie da analizzare al 6° livello (Rilievi speditivi), si è proceduto con una rielaborazione dei tematismi relativi agli *habitat* e specie di Direttiva, delimitandoli alle sole aree di non esclusione al 5° livello.

La procedura descritta nei paragrafi 16.10.4.1 e 16.10.4.2 è stata rieseguita effettuando delle operazioni di *geoprocessing* tra il file originario delle specie e degli *habitat* con le aree non escluse al 5° livello.

16.10.4.4 Descrizione sintetica dei contenuti dei geodatabase delle specie e degli habitat

Di seguito, per completezza, si riporta una breve descrizione dei contenuti delle tabelle, citate nei paragrafi precedenti, ed associate ai file di distribuzione delle specie ed *habitat* realizzati per la verifica su campo (6° livello).

Per ogni *habitat* potenzialmente presente ed analizzato per il criterio CA10, i contenuti ad esso associati sono:

- Code: Codice Natura 2000
- Description: descrizione dell'*habitat* secondo l'allegato II della Direttiva 92/43/CEE
- Prioritario: se si tratta di *habitat* prioritario o meno

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



- Info per elaborazioni: tale campo indica se l'*habitat* è stato eliminato dalle elaborazioni per incompatibilità con i criteri ISPRA oppure se l'analisi dello stesso è stata effettuata direttamente nella fase di campo (6° livello)
- Motivo: il motivo per cui sono stati eliminati gli *habitat* o approfonditi nella fase di sopralluogo
- Ambienti: in cui si rileva l'*habitat*
- Rarità: indica la sua rarità nel territorio nazionale, secondo quanto riportato nel Rapporto ISPRA 194/2014
- CON_ST: stato di conservazione nella regione biogeografica continentale (da Allegato Rapporto ISPRA 194/2014)
- MED_ST: stato di conservazione nella regione biogeografica mediterranea (da Allegato Rapporto ISPRA 194/2014)²³
- Rilevanza: a livello nazionale, secondo quanto riportato nel Rapporto 194/2014
- Scheda *WEB*: sito *web* o *link* da cui sono state tratte le precedenti informazioni e/o che possono essere utilizzate per approfondire la conoscenza dell'*habitat* per la successiva fase di *screening* (6° livello).

Per ogni specie potenzialmente presente ed analizzata per il criterio CA10, i contenuti ad esso associati sono:

- Code: Codice Natura 2000
- Species: nome specie secondo gli allegati della Direttiva 92/43/CEE
- Taxa: categorie sistematiche
- Allegato: riporta l'allegato di Direttiva 92/43/CEE in cui è citato
- Info per elaborazioni: tale campo indica se la specie è stata eliminata dalle elaborazioni per incompatibilità con i criteri ISPRA oppure se l'analisi della stessa è stata effettuata direttamente nella fase di campo
- Motivo: il motivo per cui sono state eliminate le specie o approfondite nella fase di sopralluogo
- Forma biologica (per le specie vegetali): sono definite da Raunkiaer (1932) in base agli adattamenti utilizzati dalle piante per la protezione delle gemme durante la stagione avversa
- Ambienti: indica genericamente il tipo di ambiente in cui si rileva la specie
- *Habitat*: indica più dettagliatamente le condizioni ecologiche dove è rinvenibile la specie
- Natura 2000-Habitat (per le specie vegetali): indica se la specie è presente all'interno di un *habitat* Natura 2000 (fonte dato: www.iucnredlist.org)
- Distribuzione: riporta la sua distribuzione nel territorio nazionale e la presenza di eventuali specie endemiche o subendemiche

²³ Nella regione biogeografica alpina ricade un minor numero di aree e, di conseguenza, lo stato di conservazione potrà essere verificato, se necessario, direttamente sul Rapporto 194/2014

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



- Criticità (o Minaccia): indica l'eventuale categoria di minaccia secondo l'IUCN:

Estinto nella regione (RE)	RE
In Pericolo critico (CR)	CR
In Pericolo (EN)	EN
Vulnerabile (VU)	VU
Quasi minacciata (NT)	NT
Minor preoccupazione (LC)	LC
Dati insufficienti (DD)	DD
Non Applicabili (NA)	NA

- Scheda *WEB*: sito *web* o *link* da cui sono state tratte le precedenti informazioni e/o che possono essere utilizzate per approfondire la conoscenza della specie per la successiva fase (6° livello).

16.10.5 Esclusioni

16.10.5.1 Procedura di esclusione delle aree al 5° livello per la presenza di IPA

L'analisi delle IPA (Important Plant Areas), ai fini delle esclusioni, è stata svolta al termine dello *Screening* 4° Livello, sulle aree non escluse.

In questa fase sono state quindi estrapolate le aree che si sovrapponevano con le aree al 4° livello, utilizzando i limiti riportati sul sito web di Natura Italia e la bibliografia disponibile (Blasi *et al.*, *l.c.*).

I risultati delle analisi consistono in alcune aree escluse al 5° livello per il criterio CA10. Le suddette aree sono elencate nelle note seguenti.

Regione Friuli Venezia Giulia:

IPA FVG 8 Risorgive dello Stella e zone palustri circostanti

Regione Puglia-Basilicata:

IPA ITA 29 Area delle Murge e delle Gravine (IPA transregionale)

Regione Sardegna:

IPA SAR 9 Lago Omodeo

SAR 12 Catena del Marghine e del Goceano e Altopiano di Campeda

16.10.5.2 Procedura di esclusione delle aree al 5° livello per la presenza di *habitat*

Al termine del processo di *screening* al 4° livello si è proceduto, per l'analisi degli *habitat*, ad uno *screening* di dettaglio effettuato a livello regionale.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Per la Sardegna la procedura è consistita in due fasi, una di predisposizione del materiale per l'analisi di *screening* manuale e l'altra di valutazione.

Predisposizione del materiale per l'analisi di screening manuale

Prima di procedere con la valutazione delle singole aree, il file delle aree non escluse al 4° livello è stato depurato delle aree che ricadevano all'interno di IPA (vedi paragrafo 16.10.5.1).

Il file della distribuzione degli *habitat* è stato sovrapposto con il file delle aree non escluse depurate dalle IPA.

Si è quindi proceduto con la predisposizione del *database*, come descritto nel paragrafo 16.10.4.2.

A tal punto si è ottenuto il file di distribuzione degli *habitat* nelle aree oggetto di analisi.

Analogamente, la stessa procedura è stata effettuata per il file di distribuzione delle specie, ottenendo un file di lavoro che è stato predisposto per le analisi di *screening* 5° livello. A tal fine sono state effettuate le elaborazioni descritte al paragrafo 16.10.4.1 e, successivamente:

1. la selezione delle specie animali e vegetali da non utilizzare nelle elaborazioni in funzione della loro ecologia (specie marine, costiere, ecc.) (Tab. 16.10/2);
2. la selezione delle specie che sono state oggetto di approfondimento in fase di sopralluogo speditivo, per la verifica di eventuali corsi d'acqua nel bacino idrografico o di piccole zone umide.

Il file di lavoro per le specie su cui è stato effettuato lo screening manuale al 5° livello è stato, quindi, ottenuto dall'eliminazione delle specie al precedente punto 1. Tale file contiene anche le seguenti specie, analizzate nella fase dei rilievi speditivi (6° Livello): *Lindenia tetraphylla*, *Hirudo medicinalis*, *Unio elongatulus*, *Alosa fallax*, *Petromyzon marinus*, *Salmo cetti*, *Alosa agone*, *Discoglossus sardus*, *Euproctus platycephalus*, *Hyla sarda*, *Rana esculenta*, *Emys orbicularis*, *Petalophyllum ralfsii*, *Carex panormitana*, *Marsilea strigosa*, *Cladonia spp.* (subgenus *Cladina*), *Spiranthes aestivalis*.

Screening manuale

Nello *screening* manuale al 5° livello sono stati analizzati solo gli *habitat* poiché per essi l'analisi delle ortofoto è più facilmente realizzabile.

Il numero totale di *habitat* analizzati sono, quindi, 34, come riportato nella seguente tabella 16.10/4.

Code	Descrizione	Prioritari	Ambienti	Rarità
2260	Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavanduletalia</i>	NO	Dune	
3120	Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale su terreni generalmente sabbiosi del Mediterraneo occidentale con <i>Isoetes</i> spp.	NO	Sommersione temporanea alternata a marcata aridità	si
3130	Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei <i>Littorelletea uniflorae</i> e/o degli <i>Isoeto-Nanojuncetea</i>	NO	Comunità anfobie di piccola taglia	si

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Code	Descrizione	Prioritari	Ambienti	Rarità
3140	Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di <i>Chara</i> spp.	NO	Acque sono generalmente oligomesotrofiche, calcaree, povere di fosfati	
3150	Laghi eutrofici naturali con vegetazione del <i>Magnopotamion</i> o <i>Hydrocharition</i>	NO	Habitat lacustri, palustri e di acque stagnanti eutrofiche	si
3170	Stagni temporanei mediterranei	SI	Stagni temporanei con acque poco profonde	
3250	Fiumi mediterranei a flusso permanente con <i>Glaucium flavum</i>	NO	Alvei ghiaiosi o ciottolosi poco consolidati di impronta submediterranea	si
3260	Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del <i>Ranunculion fluitantis</i> e <i>Callitricho-Batrachion</i>	NO		si
3280	Fiumi mediterranei a flusso permanente con il <i>Paspalo-Agrostidion</i> e con filari ripari di <i>Salix</i> e <i>Populus alba</i>	NO	Corsi d'acqua mediterranei a flusso permanente, su suoli permanentemente umidi e temporaneamente inondati	
3290	Fiumi mediterranei a flusso intermittente con il <i>Paspalo-Agrostidion</i>	NO	Fiumi mediterranei a flusso intermittente	
4090	Lande oro-mediterranee endemiche a ginestre spinose	NO	Vette e dei crinali ventosi dei rilievi montuosi costieri mediterranei	si
5210	Matorral arborescenti a <i>Juniperus</i> spp.	NO	Aree ripide e rocciose del piano termomediterraneo	
5230	Matorral arborescenti di <i>Laurus nobilis</i>	SI		
5320	Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere	NO	Fascia compresa tra le falesie direttamente esposte all'azione del mare e le comunità arbustive della macchia mediterranea	
5330	Arbusteti termomediterranei e pre-desertici	NO		
5410	Phrygane del Mediterraneo occidentale sulla sommità di scogliere (<i>Astragalo-Plantagnetum subulatae</i>)	NO	Sommità delle scogliere e delle zone rocciose adiacenti	si
5430	Phrygana endemiche dell' <i>Euphorbio-Verbascion</i>	NO	Substrati di varia natura nella fascia costiera e collinare dell'area centro-mediterranea e mediterraneo-orientale	si
6210	Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (<i>Festuco-Brometalia</i>) (*importanti siti d'orchidee)	SI (se importante sito di orchidee)		Endemico per Appennino
6220	Percorsi substeppeici di graminacee e piante annue dei <i>Thero-Brachypodietea</i>	SI		
6310	Dehesas con <i>Quercus</i> ssp. sempreverde	NO		
6420	Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del <i>Molinio-Holoschoenion</i>	NO	Zone umide	
8130	Ghiaioni del Mediterraneo occidentale e termofili	NO	Ghiaioni mediterranei	si
8210	Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica	NO	Pareti rocciose	
8220	Pareti rocciose silicee con vegetazione casmofitica	NO	Pareti rocciose	
8310	Grotte non ancora sfruttate a livello turistico	NO	Grotte	
91E0	Foreste alluvionali di <i>Alnus glutinosa</i> e <i>Fraxinus excelsior</i> (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae)	SI	Zone umide	
91AA	Boschi orientali di quercia bianca	SI		

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Code	Descrizione	Prioritari	Ambienti	Rarità
92A0	Foreste a galleria di <i>Salix alba</i> e <i>Populus alba</i>	NO	Corsi d'acqua	si
92D0	Gallerie e forteti ripari meridionali (<i>Nerio-Tamaricetea</i> e <i>Securinegion tinctoriae</i>)	NO	Corsi d'acqua a regime torrentizio o talora permanenti	si
9260	Foreste di <i>Castanea sativa</i>	NO		
9320	Foreste di <i>Olea</i> e <i>Ceratonia</i>	NO		
9330	Foreste di <i>Quercus suber</i>	NO		si
9340	Foreste di <i>Quercus ilex</i> e <i>Quercus rotundifolia</i>	NO		
9380	Foreste di <i>Ilex aquifolium</i>	NO		si

Tabella 16.10/4 - Elenco *habitat* analizzati nel 5° livello – Regione Sardegna

Lo *screening* è stato effettuato tenendo conto del fatto che la presenza dell'*habitat* nella cella di 10 km di lato può essere anche puntuale all'interno della cella in esame. Infatti, il report ISPRA (2013) riporta quanto segue: "Utilizzando celle di 100 km² per la rappresentazione cartografica degli *habitat*, la loro distribuzione risulta, in generale, sovrastimata. Basta infatti la presenza di una piccola porzione di *habitat* o di una segnalazione bibliografica anche puntiforme, per selezionare un'intera cella. In linea generale, quindi, la distribuzione degli *habitat* di piccole dimensioni è maggiormente sovrastimata rispetto a quella di altri *habitat* che hanno una più ampia diffusione". Di conseguenza, un poligono di presenza non è indicativo della presenza dell'*habitat* nel poligono in esame ma nella cella 10x10 da cui è stato ritagliato.

A tal fine il file originario della distribuzione degli *habitat* è stato utilizzato come confronto. Per la valutazione della presenza dell'*habitat* nel poligono in esame, si è dimostrata utile la carta della Natura (fornita dall'ISPRA), laddove disponibile, e l'utilizzo delle ortofoto del Portale Cartografico Nazionale e di Google Maps.

Gli *habitat* rivelatisi discriminanti ai fini dell'eliminazione di alcune aree sono quelli identificabili tramite ortofoto aeree e riportati in Tabella 16.10/5, in cui si evidenzia la corrispondenza tra gli *habitat* Natura 2000 e Corine Biotopes in Carta della Natura (Angelini *et al.*, 2009).

Habitat Natura 2000	Habitat Corine Biotopes su Carta della Natura della Regione Sardegna
2260 Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavanduletalia</i>	16.28 Cespuglieti a sclerofille delle dune
6310 Dehesas con <i>Quercus</i> ssp. sempreverde	84.6 Pascolo alberato (Dehesa)
9320 Foreste di <i>Olea</i> e <i>Ceratonia</i>	45.1 Formazioni a olivastro e carrubo
9330 Foreste di <i>Quercus suber</i>	45.21 Sugherete tirreniche

Tabella 16.10/5 – Elenco degli *habitat* che hanno determinato esclusione per il criterio CA10 - Regione Sardegna

Per le restanti regioni, lo *screening* manuale a video è stato effettuato, in via speditiva, con l'ausilio di ortofoto e Carta della Natura, al fine di valutare l'eventuale presenza di aree sensibili per gli *habitat* di Direttiva. L'analisi non ha prodotto ulteriori esclusioni, ma solo delle considerazioni utili per la fase di campo e riportate nelle note seguenti.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Puglia

L'analisi delle ortofoto-Carta della Natura non ha evidenziato estese aree con *habitat* di Direttiva, a parte alcune aree ripariali che sono state verificate in campo, unitamente alle aree prative presenti nei seminativi, al fine di escludere o meno la presenza di specie e *habitat* legate a tali ambienti.

Basilicata

L'analisi di *screening* non ha evidenziato aree critiche nel settore meridionale e orientale della regione, dove sono presenti estese aree a seminativi. In tali zone è comunque confermata la verifica di campo, al fine di escludere o meno la presenza di specie e *habitat* legate a tali ambienti.

Nel settore settentrionale si rileva, dall'analisi di Carta della Natura, la presenza di Boschi submediterranei orientali di quercia bianca dell'Italia meridionale (cod. Corine Biotopes 41.737B) che, nel rapporto ex-articolo 17, sono stati inseriti nell'*habitat* "91AA* Boschi orientali di quercia bianca", ma in Carta della Natura non sono stati associati al suddetto *habitat*.

Alcune porzioni delle aree analizzate risultavano occupate da tale tipologia; trattandosi di un *habitat* prioritario si è ritenuto opportuno focalizzare il rilevamento di campo che ha valutato l'effettiva presenza o meno dell'*habitat* di Direttiva.

Lazio

L'analisi di *screening* ha evidenziato la presenza, in alcune aree, di boschi di cerro aventi anche una discreta copertura percentuale all'interno dell'area stessa.

Infatti, alcune aree erano caratterizzate da boschi di cerro che, secondo Carta della Natura, rientrano nelle Cerrete sud-italiane (codice Corine Biotopes 41.7511). L'indagine di campo è stata finalizzata a verificare se tali fitocenosi fossero comprese nell'*habitat* "91M0 Foreste Pannonico-Balcaniche di cerro e rovere" e, nel caso non fosse possibile accertarlo dal sopralluogo speditivo, ad indicarle con caratteri di potenzialità nella relazione d'inquadramento d'area.

Nel rapporto ex-articolo 17 sono stati censiti anche gli *habitat* "91AA* Boschi orientali di quercia bianca", di cui si è verificata in campo la sussistenza o meno di tali cenosi.

Toscana

Per la regione Toscana lo *screening* è stato effettuato solo con l'ausilio di ortofoto aeree poiché la Carta della Natura non era disponibile.

Dall'analisi delle ortofoto si è rilevato che un poligono presenta al suo interno boschi di caducifoglie che sono stati verificati e determinati, quindi, nella fase di campagna.

In questa fase sono state anche verificate le aree prative presenti nei seminativi, unitamente ad alcune aree umide, al fine di escludere o meno la presenza di specie e *habitat* legate a tali ambienti.

Sicilia

L'analisi ha evidenziato la presenza di poche tipologie vegetazionali che sono state verificate in campo.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Emilia Romagna

Per la regione Emilia Romagna lo *screening* è stato effettuato solo con l'ausilio di ortofoto aeree poiché la Carta della Natura non era disponibile.

L'analisi delle ortofoto non ha evidenziato estese aree con *habitat* di Direttiva, a parte alcune aree prative che sono state verificate in campo, al fine di escludere o meno la presenza di specie e *habitat* legate a tali ambienti.

Piemonte

Per la regione Piemonte l'analisi è stata effettuata con l'ausilio di ortofoto aeree e della carta forestale regionale, poiché la Carta della Natura non era disponibile.

Si è riscontrato che alcune aree presentavano piccoli lembi di quercocarpineti, la cui presenza è stata verificata in sito.

16.10.5.3 Procedura di esclusione delle aree al 5° e 6° livello per la presenza di IBA

Nelle note seguenti si riportano i risultati delle elaborazioni di *Overlaying Mapping* (funzione *INTERSECT* di ArcMap) svolte per verificare, nelle fasi di analisi di quinto e sesto livello, se le aree non escluse ricadessero totalmente o in parte in aree IBA – Important Birds Area – e se all'interno di tali aree di intersezione fossero presenti delle specie di Direttiva Uccelli 79/409/CEE (abrogata e sostituita integralmente dalla Direttiva 2009/147/CEE), dall'analisi delle mappe di distribuzione. Entrambi i tematismi sono disponibili a copertura nazionale.

In tutte le aree di intersezione, la presenza di alcune o tutte le specie individuate nelle IBA sono state confermate totalmente o in parte dalle mappe di distribuzione, e si è, quindi, proceduto all'esclusione della porzione di area indagata.

Si rammenta che il file delle IBA, scaricato dal Geoportale Nazionale, presentava delle problematiche relativamente alle perimetrazioni, come riportato nel paragrafo 16.10.2. Di conseguenza, laddove siano state riscontrate delle difformità di confini nelle aree di intersezione, esse sono state tenute in considerazione nella ripermimetrazione delle aree non escluse.

Tale analisi è stata svolta al 5° e 6° livello per tutte le regioni interessate.

16.10.5.4 Analisi 6° Livello

Il sesto livello di analisi "*Rilievi speditivi sul campo*", effettuato a scala locale, è finalizzato a verificare l'effettiva e/o potenziale presenza degli *habitat* e specie selezionati con le elaborazioni descritte nei paragrafi precedenti.

Dato il limitato periodo di rilevamento, considerato che invece la raccolta dei dati è strettamente connessa con la stagionalità ed alcune specie ed *habitat* potrebbero non essere rilevabili, si è potuto indicare solo la loro presenza in termini potenziali.

Infatti, per la vegetazione e la flora, le operazioni di rilievo fisionomico-strutturale possono essere soggette ad un certo grado di indeterminatezza, in caso di assenza di caratteri diagnostici di alcune piante che hanno una fenologia primaverile-estiva. Il periodo vegetativo comincia in primavera e si protrae per tutta l'estate/autunno a seconda

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



dell'ecologia delle specie vegetali e delle condizioni fitoclimatiche ed edafiche presenti nell'area.

Per ciò che concerne la fauna, un'approfondita analisi della comunità di un'area richiede lo svolgimento di più indagini sul campo, eseguite in diversi periodi dell'anno.

Il periodo nel quale sono state svolte le indagini sul campo non è favorevole per individuare tutte le specie animali presenti *in situ*. Per quanto riguarda i Mammiferi, il periodo riproduttivo, collocabile da marzo a maggio, era ormai trascorso, ma il periodo del *dispersal* dei giovani è collocato temporalmente a fine estate ed in autunno. Inoltre, per quanto riguarda l'erpetofauna, si possono osservare alcuni Rettili, soprattutto in considerazione del fatto del prolungamento della stagione calda, mentre per gli Anfibi normalmente il periodo di studio è quello riproduttivo, nel quale i molti individui si concentrano nelle raccolte d'acqua e corsi fluviali per deporre le uova.

Invece, per quanto riguarda l'avifauna, nel periodo di esecuzione dei rilievi di campo (estate) è possibile rilevare prevalentemente una parte della comunità ornitica che caratterizza il territorio: la fauna migratoria. Infatti, alle nostre latitudini la stagione riproduttiva va dalla tarda primavera alla fine dell'estate. Semplificando, la migrazione degli Uccelli consiste in spostamenti periodici, da un territorio dove essi si riproducono ad un territorio dove trascorrono la parte dell'anno successiva all'epoca della riproduzione. Essi effettuano, quindi, due viaggi l'anno: quello di andata o post-nuziale verso le zone di svernamento (migrazione autunnale o passo) e quello di ritorno o pre-nuziale verso i luoghi di nidificazione (migrazione primaverile o ripasso). In Italia esistono alcune vie preferenziali di transito, che seguono soprattutto la direttrice sud-ovest/nord-est, a cui si aggiungono altre diramazioni secondarie; la rotta migratoria principale è costituita dallo Stretto di Messina.

Si fa presente che quanto detto precedentemente è variabile in funzione delle condizioni climatiche e delle latitudini in cui si effettua l'osservazione.

Visto il quantitativo di aree da analizzare e l'esiguo tempo a disposizione, si è privilegiata l'analisi faunistica bibliografica integrata dalle osservazioni dirette o indirette, queste ultime effettuate tramite segni di presenza, se rinvenuti.

I segni di presenza sono particolarmente importanti per l'individuazione dei Mammiferi e consistono in impronte, resti alimentari, escrementi e tane. Per quanto riguarda gli Uccelli, segni della loro presenza possono essere penne e borre, ai quali si aggiungono, nella stagione riproduttiva, nidi e uova.

Le indagini di campo sono state svolte in tutte le aree potenzialmente idonee, compatibilmente con gli accessi possibili all'interno dei fondi privati.

Fermo restando quanto già riportato precedentemente in merito al periodo di rilevamento, la verifica delle componenti ambientali è avvenuta sulla base di una ricerca bibliografica preliminare, che ogni esperto ha personalizzato al fine dei rilevamenti da effettuare.

Successivamente, si è proceduto con i sopralluoghi speditivi in cui ogni esperto ha definito la presenza di specie e/o *habitat*. La presenza certa degli *habitat* e delle specie è stata attribuita mediante osservazioni in campo dirette ed indirette (ad esempio, per la fauna segni di presenza, quali impronte, feci, penne, resti di pasto, etc.), punti di osservazione e, talora, nel caso l'esperto avesse una conoscenza pregressa dell'area, da dati inediti in suo possesso.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



A causa del periodo limitato di rilevamento, le indagini non sempre hanno determinato la reale presenza di specie animali e vegetali; in tali casi è stata segnalata la potenzialità della specie, definita in funzione dell'*habitat* faunistico e dei dati presenti in bibliografia. In alcune situazioni i risultati dei rilievi speditivi hanno determinato l'esclusione o la ripermimetrazione di alcune aree per la presenza di *habitat* di Direttiva 92/43/CEE.

16.10.5.5 Analisi 7° Livello

Nella fase di analisi di settimo livello, effettuata a seguito dei rilievi ISPRA, sono state ripermimetre/escluse ulteriori aree interessate dalla presenza di *habitat* di Direttiva 92/43/CEE.

16.10.6 Verifiche successive al 2015

Le attività di verifica e acquisizione degli aggiornamenti dei dati utilizzati per la realizzazione della CNAPI, avvenuta a partire da dicembre 2015, ha evidenziato una serie di aggiornamenti dei tematismi utilizzati per la redazione della carta consegnata nel Luglio 2015 in revisione 02. Tali aggiornamenti, per il criterio di approfondimento CA10, non hanno determinato ripermimetrazioni o esclusioni di Aree Potenzialmente Idonee.

16.10.7 Bibliografia

Si riportano di seguito i principali riferimenti bibliografici e siti *web* consultati nella presente analisi, suddivisi per:

- *Habitat* e/o specie;
- Specie floristiche;
- Specie faunistiche.

HABITAT E SPECIE

Angelini P., Bianco P., Cardillo A., Francescato C., Oriolo G., 2009. *Gli habitat in Carta della Natura. Schede descrittive degli habitat per la cartografia alla scala 1:50.000*. Dipartimento Difesa della Natura – ISPRA Servizio Carta della Natura. Roma.

Biondi E., Blasi B. (Eds.), 2009. *Manuale Italiano di interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE*. Ministero dell'Ambiente – Società Botanica Italiana. <http://vnr.unipg.it/habitat/>.

Blasi C., Marignani M., Copiz R., Fipaldini M., 2009. *Contributo tematico alla Strategia Nazionale per la Biodiversità. Cartografia delle Aree Importanti per le Piante in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione per la Protezione della Natura.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



Blasi C., Marignani M., Copiz R., Fipaldini M., Bonacquisti S., Del Vico E., Rosati L., Zattero L., 2008. *Map of the Important Plant Areas in Italy*. In: "Blasi C., Marignani M., Copiz R., Fipaldini M., 2009. Contributo tematico alla Strategia Nazionale per la Biodiversità. Cartografia delle Aree Importanti per le Piante in Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione per la Protezione della Natura."

Blasi C., Marignani M., Copiz R., Fipaldini M., Del Vico E. (eds.) 2010. *Le Aree Importanti per le Piante nelle Regioni d'Italia: il presente e il futuro della conservazione del nostro patrimonio botanico*. Progetto Artiser, Roma. 224 pp. ISBN 9788897091004

Genovesi P., Angelini P., Bianchi E., Dupré E., Ercole S., Giacanelli V., Ronchi F., Stoch F., 2014. *Specie e habitat di interesse comunitario in Italia: distribuzione, stato di conservazione e trend*. ISPRA Rapporti 194/2014. Roma.

ISPRA, 2009. *Il Progetto Carta della Natura alla scala 1:50.000 (Linee guida per la cartografia e la valutazione degli habitat)*. Manuali e Linee Guida 48/2009.

SPECIE FAUNISTICHE

Andreone F., 2001. *Progetto LIFE-NATURA 1998 "Azioni urgenti per la conservazione di Pelobates fuscus insubricus" B4-3200/98/486 PIANO D'AZIONE ACTION PLAN*. Museo Regionale di Scienze Naturali - Sezione di Zoologia. Torino.

Brunner A., Celada C., Rossi P., Gustin M., LIPU- BirdLife Italia, 2002. Relazione finale "Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base della rete delle IBA (Important Bird Areas)". Birdlife International, Ministero dell'Ambiente, Servizio Conservazione della Natura.

Fabrizi R., Giacomoni R., 2010. *Ecologia alimentare del Rinolofo maggiore (Rhinolophus ferrumequinum (Schreber, 1774)) nella Riserva Naturale Speciale di Alfonsine (Ravenna, Emilia-Romagna) (Mammalia Chiroptera, Insecta)*. Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, 31: 61-87. ISSN 1123-6787.

Lanza B., Pastorelli C., Laghi P., Cimmaruta R., 2005. *A review of systematics, taxonomy, genetics, biogeography and natural history of the genus Speleomantes dubois, 1984 (Amphibia Caudata Plethodontidae)*. Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste. Supplemento al Vol. 52 – 2005. Museo Civico di Storia Naturale – Trieste. ISSN: 0365-1576.

Murgia C., Murgia A., Deiana A.M., 2003. *Aspetti dell'ecologia della lepore sarda (Lepus capensis mediterraneus) in aree della Sardegna meridionale*. Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università Cagliari Vol. 73 Fasc. 1.

Peronace V., Cecere J.G., Gustin M., Rondinini C., 2012. *Lista rossa 2011 degli uccelli nidificanti in Italia*. Avocetta 36: 11-58.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Quirce, C., Martín, J. y Galante, E., 2012. *Callimorpha quadripunctaria*. In: AA.VV. "Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados". Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 48 pp.

Rondinini, C., Battistoni, A., Peronace, V., Teofili, C. (Eds), 2013. *Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Roma.

Ruffo S., Stock F., 2005. Checklist e distribuzione della fauna italiana. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona. 2.serie, Sezione Scienze della Vita 16.

Thompson DJ, Purse BV, Rouquette JR, 2003. *Monitoring the Southern Damselfly, Coenagrion mercuriale*. Conserving Natura 2000 Rivers Monitoring Series No. 8, English Nature, Peterborough.

Tomlinson M, Perrow MR, 2003. *Ecology of the Bullhead*. Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 4. English Nature, Peterborough.

SITI WEB CONSULTATI:

Argomento/taxa	Link
EIONET – Art.12 relativo al Report sul progresso dell'implementazione dell'Art. 12 della Direttiva Uccelli	http://eionet.europa.eu
IUCN	http://www.iucnredlist.org/
EUNIS	http://eunis.eea.europa.eu/index.jsp
Anfibi	http://www.ecosistema.it/centroanfibi/
Anfibi	http://www.ittiofauna.org/index.htm
Anfibi	http://www.herpetosavona.it/
Chiroterofauna	http://www.mammiferi.org/girc/
Ittofauna	http://www.ittiofauna.org/index.htm
Lepidotteri	http://www.leps.it/
Rettili	http://www.herpetosavona.it/
Rettili	http://reptile-database.reptarium.cz/
Rettili-Elaphe	http://www.elaphe.it/
Rettili-Tartarughe	http://www.tartarughe.info/
Rettili-Tartarughe	http://www.tartaclubitalia.it/
Fauna	http://www.meditflora.com/fauna.htm
Fauna	ftp://ftp.dpn.minambiente.it/docs/

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



SPECIE FLORISTICHE

AA.VV., 2008. *Flora da conservare, Iniziativa per l'implementazione in Italia delle categorie e dei criteri IUCN (2001) per la redazione di nuove Liste Rosse. Schede delle specie.* Informatore Botanico Italiano, vol. 40(1): 47-153.

AA.VV., 2010. *Schede per una Lista Rossa della Flora Vascolare e Crittogamica Italiana.* Informatore Botanico Italiano, vol. 42(2): 539-613.

AA.VV., 2011a. *Schede per una Lista Rossa della Flora Vascolare e Crittogamica Italiana.* Informatore Botanico Italiano, vol. 43(2): 381-354.

AA.VV., 2011b. *Monitoraggio degli habitat di Allegato I e delle specie vegetali di Allegato II della ZPS IT3311001 Magredi di Pordenone e dell'IBA 053 Magredi di Pordenone.* Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

AA.VV., 2012a. *Schede per una Lista Rossa della Flora Vascolare e Crittogamica Italiana.* Informatore Botanico Italiano, vol. 44(1), 197-256.

AA.VV., 2012b. *Schede per una Lista Rossa della Flora Vascolare e Crittogamica Italiana.* Informatore Botanico Italiano, vol. 44(2): 405-474.

AA.VV., 2013. *Schede per una Lista Rossa della Flora Vascolare e Crittogamica Italiana.* Informatore Botanico Italiano, vol. 45(1): 115-193.

Anderson S., 2002. *Identifying Important Plant Areas: a site selection manual for Europe.* Plantlife International.

Conti F., Manzia, Pedrotti F., 1992. *Libro Rosso delle Piante d'Italia.* WWF Italia. Società Botanica Italiana. Università di Camerino. 637 pp.

Conti F., Manzia, Pedrotti F., 1997. *Liste Rosse Regionali delle Piante d'Italia.* WWF Italia. Società Botanica Italiana. Università di Camerino. 139 pp.

Palmer M. & Smart J., 2001. *Guidelines to the selection of Important Plant Areas in Europe.* Planta Europa.

Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia.* 3 voll. Edagricole. Bologna.

Pignatti S., Menegoni P., Giacanelli V. (Eds.), 2001. *Liste Rosse e Blu della Flora Italiana.* ANPA, Roma.

Raunkiaer C., 1932. *Life form and terrestrial plant geography.* Oxford Clarendon Press.

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Rossi G., Montagnani C., Gargano D., Peruzzi L., Abeli T., Ravera S., Cogoni A., Fenu G., Magrini S., Gennai M., Foggi B., Wagensommer R.P., Venturella G., Blasi C., Raimondo F.M., Orsenigo S. (Eds.), 2013. *Lista Rossa della Flora Italiana. 1. Policy Species e altre specie minacciate*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 54 pp.

Scoppola A., Spampinato G. (Eds.), 2005. *Atlante delle specie a rischio di estinzione*. Versione 1.0. CD-Rom allegato al volume: "Scoppola A., Blasi C. (Eds.), 2005. Stato delle conoscenze sulla flora vascolare d'Italia". Palombi Editori. Roma.

SITI CONSULTATI:

Argomento/taxa	Link
IUCN	http://www.iucnredlist.org/
EUNIS	http://eunis.eea.europa.eu/index.jsp
Acta Plantarum	http://www.actaplantarum.org
Orchidee d'Italia	http://www.giros.it/main.htm
EIONET – Art.17 relativo al Report sul progresso dell'implementazi one dell'Art. 17 della Direttiva Habitat	http://eionet.europa.eu

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.11 PRODUZIONI AGRICOLE DI PARTICOLARE QUALITÀ E TIPICITÀ E LUOGHI DI INTERESSE ARCHEOLOGICO E STORICO (CA11)

16.11.1 Premessa

Il criterio di approfondimento CA11 contenuto nella GT29 chiede di valutare “produzioni agricole di particolare qualità e tipicità e luoghi di interesse archeologico e storico”. Nella guida tecnica SSG-29 della IAEA, riguardo le produzioni agricole, si trova riscontro nel tema Land Use in Appendix II, dove è riportato che *“Future uses of the land in the vicinity of the proposed site should be evaluated for any potential impact on the operation and performance of the disposal facility. The impact of the disposal facility’s operation on the future use of the land in the vicinity of the proposed site should also be evaluated.”* Per quanto riguarda i luoghi di interesse archeologico e storico non sono date specifiche indicazioni nella SSG-29 (2014), ove si indica che l’argomento è di pertinenza delle analisi di caratterizzazione del sito definitive ed è normato dalle leggi nazionali sulla valutazione d’impatto ambientale. Tuttavia data la particolare rilevanza dei vincoli specifici per questi beni, nelle attività di fase 1 della localizzazione (v. GT29) si è proceduto all’applicazione del criterio in termini d’esclusione per i parchi archeologici e i beni dichiarati patrimonio UNESCO.

16.11.2 Produzioni agricole di particolare qualità e tipicità

Il D.Lgs 18 maggio 2001, n. 228 “Orientamento e modernizzazione del settore agricolo”, tutela, come indicato nell’Art. 21:

- a) la tipicità, la qualità, le caratteristiche alimentari e nutrizionali, nonché le tradizioni rurali di elaborazione dei prodotti agricoli e alimentari a denominazione di origine controllata (DOC), a denominazione di origine controllata e garantita (DOCG), a denominazione di origine protetta (DOP), a indicazione geografica protetta (IGP) e a indicazione geografica tutelata (IGT);
- b) le aree agricole in cui si ottengono prodotti con tecniche dell’agricoltura biologica ai sensi del regolamento (CEE) n. 2092/91 del Consiglio, del 24 giugno 1991;
- c) le zone aventi specifico interesse agrituristico.

Le valutazioni relative alla rilevanza delle produzioni agricole sul territorio italiano sono state effettuate sulla base dei dati contenuti in un apposito studio (doc. DN GS 00225)²⁴.

16.11.2.1 Il quadro di riferimento

L’Unione europea ha rivolto lo sguardo verso l’agroalimentare – uno dei pilastri della Politica agricola comune (PAC) – fin dagli Ottanta dello scorso secolo, focalizzando l’attenzione sul ruolo del mondo agricolo in tema di qualità alimentare, preservazione dell’ambiente e dell’ecosistema. Gli importanti interventi normativi nel corso degli anni hanno segnato la graduale evoluzione delle politiche di qualità UE nel settore

²⁴ DN GS 00225 “Produzioni agricole di particolare qualità e tipicità”. Fondazione Qualivita (Siena)

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



agroalimentare, che oggi rappresentano il sistema di tutela e valorizzazione dell'autenticità dei prodotti agroalimentari di qualità più avanzato a livello internazionale.

- Il principale sistema di qualità attraverso cui i prodotti sono tutelati e valorizzati è quello delle **Indicazioni Geografiche (IG)**. La valorizzazione e la tutela delle denominazioni d'origine ha un valore sovranazionale, anche in considerazione delle peculiari situazioni esistenti nei diversi Stati membri dell'UE e gli strumenti di tutela sono estesi a tutti i Paesi. È inoltre stabilito l'impiego di simboli comunitari, che consentono di identificare e qualificare i prodotti agroalimentari in modo inequivocabile, così da renderli al consumatore facilmente riconoscibili e distinguibili dalle produzioni convenzionali e costituiscono garanzia di autenticità.

Indicazioni Geografiche (IG): DOP, IGP, STG²⁵	<i>Reg.UE 1151/2012 – Pacchetto Qualità (food)</i> <i>Reg.CE 479/2008 – D.Lgs. 81/201(wine)</i>
	DOP (Denominazione d'Origine Protetta): identifica prodotti agricoli e alimentari originari di un territorio definito, dove sono attuate le fasi di produzione, e da cui discendono le qualità specifiche riconosciute (es. Grana Padano DOP, Gorgonzola DOP).
	IGP (Indicazione Geografica Protetta): identifica prodotti agricoli e alimentari originari di un territorio, al quale sono attribuibili una data qualità, la reputazione o altre caratteristiche, e in cui si svolge almeno una delle fasi di produzione (es. Bresaola della Valtellina IGP, Radicchio Rosso di Treviso IGP).

²⁵ Nel settore vitivinicolo la storia delle denominazioni inizia nel 1963 (D.P.R. 930) che per la prima volta cerca di legare la qualità di un vino al suo luogo di origine, attraverso l'introduzione del concetto di Denominazione di Origine Controllata (DOC), evolutosi poi nel 1992 (D.Lgs. 164/1992) nella definizione di vini di qualità prodotti in regioni riconducibili a due tipologie: i vini a Denominazione di Origine Controllata (DOC) e quelli a Denominazione di Origine Controllata e Garantita (DOCG), cui si aggiungeva un'altra categoria di vini rappresentata dai vini da tavola con Indicazione Geografica Tipica (IGT). Con l'entrata in vigore del Reg. CE 479/2008 è stata riformata l'organizzazione comune del mercato vitivinicolo attraverso l'introduzione delle protezioni comunitarie dei vini come Denominazione d'Origine Protetta (DOP) o Indicazione Geografica Protetta (IGP), che istituisce un quadro omogeneo a livello comunitario. Il decreto legislativo 81/2010, con il quale è stata revisionata a livello nazionale la precedente legge 164/1992 sulle denominazioni di origine dei vini, ha stabilito che i vini DOCG e DOC confluissero nella categoria dei vini DOP, mentre i vini IGT venissero identificati attraverso l'acronimo già previsto per gli analoghi prodotti alimentari (IGP). Tuttavia, la legge prevede che possano continuare ad essere utilizzate le menzioni DOCG, DOC, IGT a seguito della consuetudine del loro utilizzo nel linguaggio comune.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



	STG (Specialità Tradizionale Garantita): mette in evidenza il carattere tradizionale distintivo del prodotto o perché ottenuto con ingredienti tradizionali o perché ottenuto attraverso l'adozione di metodi di lavorazione tradizionali.
---	---

Le norme comunitarie prevedono che per poter beneficiare della protezione attribuita ad una denominazione di origine e per poter utilizzare il logo europeo, un prodotto agricolo o alimentare deve essere conforme ad un **disciplinare di produzione**: ciò significa che tali prodotti devono necessariamente rispettare le regole tradizionali di produzione, sia per aspetti del processo di ottenimento che delle caratteristiche finali del prodotto. Il rispetto del disciplinare è verificato da appositi organismi di controllo attraverso l'applicazione del **Piano dei Controlli**, un documento approvato dal Ministero delle politiche agricole che contiene "cosa" controllare (i requisiti dello standard) e le modalità di controllo (il "come" controllare i requisiti).

- Un altro sistema di qualità comunitario attraverso cui i prodotti sono tutelati e valorizzati è quello dei prodotti da **agricoltura biologica**. I prodotti che vengono commercializzati come biologici devono essere stati certificati come tali ed aver superato un insieme di controlli per la verifica del rispetto di requisiti e di norme tecniche stabilite per tutte le fasi del processo produttivo.

Prodotti da agricoltura biologica	<i>Reg.CE 834/2007 (food)</i> <i>Reg.UE 203/2012 (wine)</i>
	L'agricoltura biologica è un sistema di produzione agricola che utilizza processi e metodi rispettosi dell'ambiente e degli equilibri naturali, basati su un insieme di criteri rigorosi, che garantiscono l'uso delle migliori pratiche ambientali, il mantenimento di un alto livello di biodiversità, la salvaguardia delle risorse naturali, il rispetto del benessere degli animali.

I prodotti che vengono commercializzati come biologici devono essere stati certificati come tali ed aver superato un insieme di controlli per la verifica del rispetto di requisiti e di norme tecniche stabilite per tutte le fasi del processo produttivo. Gli operatori del settore biologico sono sottoposti ad almeno un controllo approfondito all'anno da parte di organismi di certificazione riconosciuti, al fine di dimostrare la propria conformità alle regole sull'agricoltura biologica. In

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



Italia il SINAB²⁶ mette a disposizione tutte le informazioni relative al biologico (normativa aggiornata, progetti di ricerca e sperimentazione, informazioni sui referenti regionali, Organismi di Controllo, Associazioni e gli Istituti di ricerca) e fornisce annualmente le statistiche nazionali sull'agricoltura biologica.

- Un'ulteriore caratterizzazione (a livello nazionale) della tipicità dei prodotti agroalimentari è rappresentata dai **prodotti agroalimentari tradizionali** (PAT), inclusi in un apposito elenco predisposto dal Ministero delle Politiche Agricole con la collaborazione delle Regioni. Con la caratterizzazione di PAT si intendono quei prodotti agroalimentari le cui metodiche di lavorazione, conservazione e stagionatura risultino consolidate nel tempo, omogenee per tutto il territorio interessato, secondo regole tradizionali, per un periodo non inferiore ai venticinque anni. È interessante, a questo proposito, considerare quanto evidenziato da INEA²⁷: *“La qualità superiore del prodotto tipico viene spesso rivendicata da produttori e consumatori che risiedono nei territori in cui questo viene realizzato. La dichiarata superiorità sta ad indicare la importante funzione evocativa del prodotto che diventa richiamo nella memoria delle proprie radici. Talvolta è spesso l'orgoglio campanilistico, la fierezza delle proprie tradizioni e la speranza di realizzare qualche buon affare che induce a ritenere che tale qualità superiore, dichiarata da coloro che da tanti anni hanno a che fare con un certo prodotto, sia sufficiente a determinarne il successo di mercato. Purtroppo non è così. Questo atteggiamento culturale [...] ha finito per generare una forte proliferazione di prodotti tipici locali fino al punto che, l'elenco dei prodotti tradizionali depositato da ciascuna regione presso il Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, supera le 2170 referenze. Toscana, Veneto e Lombardia hanno avanzato oltre il 60% delle richieste di riconoscimento dei propri prodotti tradizionali. La Campania, con 112 prodotti, guida il carro delle regioni meridionali. Dal punto di vista merceologico i prodotti tradizionali dichiarati dalle singole regioni, sono rappresentati da 578 vegetali, 5674 paste fresche, 424 prodotti a base di carne e 376 formaggi. Giacché risulta evidente che, se tutti i prodotti possono essere dichiarati tipici, tradizionali e di qualità superiore, si corre il rischio di generare una certa sfiducia e confusione nel consumatore, appare opportuno tentare una prima distinzione fra questi, secondo precise caratteristiche essenziali e adattarvi appropriate e differenziate politiche di mercato”*.
- Infine si rilevano i **Presidi Slow Food** (progetto della Fondazione Slow Food per la Biodiversità Onlus) che sostengono le piccole produzioni eccellenti che rischiano di scomparire, valorizzano territori, recuperano mestieri e tecniche di lavorazione tradizionali, salvano dall'estinzione razze autoctone e antiche varietà di ortaggi e frutta. I Presidi coinvolgono direttamente i produttori, offrono

²⁶ Il SINAB è il Sistema d'Informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica, realizzato dal Ministero delle politiche agricole ed attuato dall'Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari, in continuità di progetto dal 1999 e, dal 2013, in collaborazione con ISMEA.

²⁷ “La costruzione di percorsi di qualità per la valorizzazione delle produzioni agroalimentari locali”. Working Paper. Roma, 2001 - Programma di Iniziativa Comunitaria LEADER II

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



l'assistenza per migliorare la qualità dei prodotti, facilitano scambi fra Paesi diversi e cercano nuovi sbocchi di mercato (locali e internazionali).

In Italia, l'agricoltura di qualità, al 31/12/2013, si conferma al primo posto per numero di riconoscimenti DOP²⁸, IGP²⁹ e STG³⁰ conferiti dall'Unione europea (Ue). I prodotti agroalimentari di qualità riconosciuti alla stessa data sono 261; di questi, 252 risultano attivi. I settori con il maggior numero di riconoscimenti sono gli ortofrutticoli e cereali (101 prodotti), i formaggi (47), gli oli extravergine di oliva (43) e le preparazioni di carni (37). Le carni fresche e gli altri settori comprendono, rispettivamente, cinque e 28 specialità. Le regioni con più DOP e IGP sono Emilia-Romagna e Veneto, rispettivamente con 39 e 36 prodotti riconosciuti. Nel 2013 gli operatori certificati sono 80.435, in aumento di 204 unità (+0,3%) rispetto al 2012. Di questi, il 91,2% svolge esclusivamente attività di produzione e il 6,6% di trasformazione; il restante 2,2% effettua entrambe le attività. Nel sistema di certificazione le nuove entrate di operatori (8.809) superano, anche se di poco, le uscite (8.605).

Dalle analisi ISTAT emerge che i prodotti di qualità favoriscono lo sviluppo delle aree montane del Paese: il 27,8% dei produttori è localizzato in montagna a fronte del 17% di aziende agricole montane rilevate dal Censimento dell'agricoltura nel 2010.

Complessivamente la stabilità del numero dei produttori riscontrata tra il 2012 e il 2013 è la risultante della diminuzione registrata nel Nord (-4,2%) e nel Centro (-1%) a fronte dell'aumento rilevato nel Mezzogiorno (+7,5%).

Ai fini della individuazione e quantificazione della presenza nel territorio delle colture di qualità e tipicità è stata realizzata una raccolta sistematica dei dati relativi alle produzioni agrarie e sulle aziende agricole. La rilevazione è stata essenzialmente basata sui dati censuari forniti da ISTAT a scala comunale ed è stata estesa a tutti i Comuni in cui ricadono le aree potenzialmente idonee.

Dai dati censuari sono stati quantificati quattro indicatori che sono stati utilizzati per effettuare valutazioni sul "peso" che le Filiere Agroalimentari di Qualità (FAQ) ricoprono nel territorio di riferimento. Gli indicatori sono:

1. Numero di Aziende agricole nel territorio;
2. Numero di Aziende nelle filiere agroalimentari di qualità (AZ);
3. Superficie Agricola Utilizzata dalle aziende per le filiere agroalimentari di qualità (SAU);
4. Giornate di Lavoro *Standard* per le produzioni agroalimentari di qualità (GLS).

Riguardo la valenza degli indicatori si consideri che l'indicatore Numero di Aziende agricole nel territorio, considera il numero di aziende agricole nell'area rapportato al totale delle aziende presenti nell'area stessa. Serve a contestualizzare le successive riflessioni sulle FAQ (Filiera Agroalimentari di Qualità). In questo senso è utile evidenziare che i

²⁸ Denominazione di origine protetta

²⁹ Indicazione geografica protetta

³⁰ Specialità tradizionale garantita

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



comuni considerati nell'analisi (e quindi le relative aree) presentano nella maggior parte dei casi una forte presenza del settore primario.

Quello che interessa particolarmente valutare, è il peso delle FAQ nel comparto agricolo: lo si fa osservando i tre indicatori che esprimono il peso delle FAQ rispetto al totale delle aziende agricole dell'area, rispettivamente in termini di numero di aziende, di superficie agricola utilizzata (SAU) e dei livelli occupazionali (giornale lavorate standard - GLS).

Naturalmente gli indicatori sono delle espressioni sintetiche di una situazione complessa. Hanno il vantaggio di dare un'informazione immediata e di facile confronto.

Pertanto l'indicatore di cui al n. 3 è stato utilizzato nella definizione del modello di classificazione delle aree potenzialmente idonee per ottenere l'ordine di idoneità previsto dall'art. 27 del D.Lgs 31/2010.

16.11.2.2 Dati e informazioni per la stima degli indicatori

La raccolta sistematica dei dati è stata organizzata in schede relative a ogni Comune interessato dalle aree analizzate nel 6° livello della procedura CNAPI. La scala di analisi non è stata dettagliata a livello di area perché si ritiene che la rilevanza del pregio delle colture agricole debba essere osservata almeno alla scala degli areali di produzione che interessano spesso zone molto vaste e tenendo conto che è strettamente legata alle scelte delle comunità locali.

Nelle schede, contenute nel doc. DN GS 00225, sono confluiti dati del Censimento Agricolo Istat 2010 e del Censimento dell'Industria e dei Servizi Istat 2011. Le informazioni sono state elaborate accorpando, ove necessario, i dati relativi ai singoli comuni interessati da ciascuna area non esclusa.

16.11.3 Luoghi di interesse archeologico e storico

I luoghi di interesse archeologico e storico devono essere considerati riguardo la loro tutela e quindi come elementi vincolanti la localizzazione e la disposizione progettuale.

Gli aspetti generali della conservazione del patrimonio, compresi quelli legislativi, vennero considerati per la prima volta a livello internazionale in occasione di una conferenza tenutasi ad Atene nel 1931.

Oggi le disposizioni di tutela e valorizzazione per i beni di carattere archeologico, storico-architettonico, geomorfologico-naturalistico e vegetazionale presenti nel territorio italiano sono disciplinate dal Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio D.Lgs. 42/2004 e ss.mm.ii. Il "Bene culturale" è inteso come "il bene che costituisce testimonianza materiale avente valore di civiltà" secondo la terminologia comunemente in uso a partire dalla pubblicazione della ormai storica "Dichiarazione I della Commissione di indagine per la tutela e la valorizzazione delle cose di interesse storico, archeologico, artistico e del paesaggio" (cd. Commissione Franceschini, dal nome del suo Presidente, istituita con legge 6 aprile 1964, n. 310).

Oggi, ai sensi dell'art.10 comma 1 (Beni culturali) del D.Lgs. 42/2004, "Sono beni culturali le cose immobili e mobili appartenenti allo Stato, alle regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico e a persone giuridiche private

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



senza fine di lucro, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico”.

L’espressione “beni culturali”, adottata dai giuristi solo di recente, costituisce il punto di convergenza di alcune linee evolutive che interessano l’attività degli enti locali, dell’amministrazione dello Stato, la partecipazione dei cittadini all’amministrazione della cosa pubblica, il ruolo legislativo ed amministrativo delle Regioni, la stessa concezione di proprietà privata e di fruizione dei beni.

Per “bene culturale” s’intende ogni bene che, a norma di legge, presenti interesse artistico, storico, archeologico o etnografico o attenga alla paleontologia, alla preistoria, alle civiltà primitive, alla numismatica, e ad ogni “cimelio” variamente costituito, avente carattere di rarità e pregio.

Alla nozione di “bene culturale” si affianca la quella di «bene culturale-ambientale» che riguarda i beni di natura ambientale nei quali si manifesta l’opera dell’uomo (es. trasformazioni urbanistiche destinate a una disciplina apposita).

La norma che è di riferimento principale in merito al paesaggio è costituita dal nuovo Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (nel seguito Codice), di cui al D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, in vigore dal 1° maggio 2004.

Il Codice definisce il paesaggio come “parti di territorio i cui caratteri distintivi derivano dalla natura, dalla storia umana o dalle reciproche interrelazioni”, talché “la tutela e la valorizzazione del paesaggio salvaguardano i valori che esso esprime quali manifestazioni identitarie percepibili” (Art. 131). Da qui, ne illustra l’importanza conservativa, definendo in modo inequivocabile le “aree soggette a vincolo paesaggistico”, ossia quelle porzioni di paesaggio che per tipi geografici, ecologici, vegetazionali, faunistici, geologici, ecc. rivestono specifico ruolo di interesse paesaggistico, divenendo perciò oggetto di tutela e valorizzazione ai sensi dell’Art. 142 del Codice.

Sino ad approvazione di apposito Piano Paesaggistico ad opera delle Regioni di cui all’Art.156, le aree sottoposte a vincolo paesaggistico sono quelle elencate al co. 1 dell’Art. 142 del suddetto Codice.

La valutazione del criterio CA11, per quanto attiene i luoghi di interesse archeologico e storico, è stata effettuata a partire dalla individuazione dei beni culturali presenti nelle aree potenzialmente idonee e della verifica della rilevanza ai fini della tutela per quanto indicato nella normativa nazionale e regionale. La rilevazione è stata effettuata principalmente al 6° livello della procedura per la realizzazione della CNAPI dato che precedentemente è stato possibile operare solamente l’esclusione dei siti italiani UNESCO. Per questi siti è stata effettuata l’esclusione in relazione alla particolare rilevanza vincolistica. Si tratta di siti inseriti nella Lista del Patrimonio Mondiale e costituiscono un patrimonio alla cui salvaguardia l’intera comunità internazionale è tenuta a partecipare; la differenza tra un sito del Patrimonio Mondiale e un sito del Patrimonio Nazionale risiede nel concetto di “eccezionale valore universale”.

La lista dei siti italiani UNESCO (*WHS – World Heritage Sites*) è stata resa disponibile dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali e includeva i siti, identificati dalle perimetrazioni delle *core zone* e delle *buffer zone*, certificati dall’UNESCO. L’esclusione

Relazione Tecnica	ELABORATO DN GS 00102
Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	REVISIONE 04



di queste aree è stata possibile nel corso dell'analisi di 1° livello per il fatto che la localizzazione di questi beni era disponibile per l'intero territorio nazionale.

Nel corso delle attività di recepimento dei rilievi che ISPRA ha formulato a seguito delle attività di verifica e validazione della CNAPI trasmessa da SOGIN ad ISPRA in data 2/1/2015, riguardo i luoghi di interesse archeologico e storico, si è proceduto all'esclusione dei Parchi Archeologici così come rilevato dai Piani Territoriali Paesistici Regionali.

Le valutazioni di maggiore dettaglio relative al criterio CA11 vanno rimandate al momento di analisi puntuale proprio delle fasi 2 e 3 della localizzazione (GT29).

Infatti, se il tema generale si può sviluppare tenendo conto della normativa in materia (Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42), è solo dall'analisi puntuale, con riferimento agli aspetti culturali e paesaggistici della zona di studio, che si possono trarre ulteriori elementi di approfondimento. Oltre al bene puntualmente individuato (vincolo diretto ed indiretto), occorre fare attenzione che i monumenti non costituiscano elementi di «reti». Ad esempio, sistemi di torri di avvistamento; reticoli idraulico-stradali tipo «graticciato» o «centuratio» romana, etc. Altrettanto vale per la viabilità storica e, soprattutto, per i vincoli di veduta e di protezione della vista dei monumenti non sempre coincidenti con i vincoli indiretti.

16.11.4 Verifiche successive al 2015

Negli anni successivi alla prima redazione della CNAPI è stato costantemente monitorato l'eventuale aggiornamento dei dati di riferimento utilizzati e verificata la disponibilità di nuovi elementi che avrebbero potuto modificare il perimetro delle Aree Potenzialmente Idonee.

Attualmente le aree "patrimonio UNESCO" sono disponibili sul sito dell'UNESCO-World Heritage Centre.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.12 DISPONIBILITA' DI VIE DI COMUNICAZIONE PRIMARIE E INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO (CA12)

Il criterio di approfondimento CA12 contenuto nella GT29 chiede di valutare la disponibilità di vie di comunicazione primarie e infrastrutture di trasporto, specificando che:

“La presenza di infrastrutture (quali ad es. autostrade, strade extra urbane principali e ferrovie fondamentali e complementari, ecc...) consente di raggiungere più agevolmente il deposito, minimizzando i rischi connessi ad eventuali incidenti durante il trasporto dei rifiuti radioattivi.”

Tale criterio può essere ricondotto alla seguente simile indicazione generale IAEA riportata nella SSG-29 (2014): *“The site should be located so that the access routes will permit the transport of waste with minimal risk to the public”*.

Nella presente fase di localizzazione sono state eseguite alcune attività speditive nel corso del 6° livello di analisi nelle aree non escluse per inquadrare la disponibilità di vie di comunicazione. Da queste attività è possibile trarre alcune prime indicazioni riguardo il criterio CA12.

La completa verifica del criterio, anche in termini di necessità di adeguamento delle infrastrutture esistenti o di realizzazione di nuove, richiede studi e indagini dirette propri delle successive fasi del processo di localizzazione.

Ai fini dell'elaborazione della proposta di assegnazione di un ordine di idoneità alle aree potenzialmente idonee (si veda procedura riportata nel doc. DN GS 00226), sono state svolte inoltre alcune attività per fornire una prima quantificazione di alcuni parametri relativi al trasporto dei rifiuti radioattivi dagli attuali siti di stoccaggio fino a ciascuna area. Sono state prese in considerazione alcune prime indicazioni delle attività in corso relative alla preparazione della documentazione a corredo del progetto preliminare (*“indicazione delle modalità di trasporto del materiale radioattivo al Deposito nazionale e criteri per la valutazione della idoneità delle vie di accesso al sito”* - art. 27 c. 2, lettera g Dlgs 31/2010 e ss.mm.ii.):

- Il trasporto dei cask richiede di massimizzare l'utilizzo della rete ferroviaria per ridurre al minimo i trasporti eccezionali su strada; tuttavia soltanto alcune linee della rete ferroviaria esistente sono idonee per tale tipologia di trasporto (fig. 16.12/1, dal sito web di RFI);
- La maggior parte dei trasporti verso il deposito nazionale avverrà comunque su gomma per via ordinaria per tutte le tipologie di contenitori di rifiuti, utilizzando la rete stradale (preferibilmente autostrade e strade extraurbane).

Per ciascuna area sono state quindi stimate le seguenti distanze chilometriche da utilizzare nella proposta di ordine di idoneità (doc. DN GS 00226):

- Distanza in linea d'aria dall'area alla linea ferroviaria idonea più vicina (tipi D4 e D4L di fig. 16.12/1)
- Stima delle percorrenze totali (andata/ritorno) tra l'area e ciascun sito di attuale stoccaggio, calcolate tenendo conto delle quantità ipotetiche di ciascun tipo di contenitore di rifiuti che dovranno partire da ciascun sito e di un carico medio utile di ciascun trasporto.

Tali stime sono riportate nelle schede di classificazione nel doc. DN GS 00226.



Figura 16.12/1 – Rete Ferroviaria Italiana distinta per “codifica peso assiale”; le linee idonee per il trasporto cask sono quelle con codice D4 e D4L.

Relazione Tecnica Basi teoriche e modalità di applicazione dei criteri per la realizzazione della CNAPI	ELABORATO DN GS 00102 REVISIONE 04
--	---



16.13 PRESENZA DI INFRASTRUTTURE CRITICHE RILEVANTI STRATEGICHE (CA13)

Il criterio di approfondimento CA13 contenuto nella GT29 chiede di valutare la presenza di infrastrutture critiche rilevanti strategiche, specificando che:

“Deve essere valutato il possibile impatto reciproco derivante dalla vicinanza di infrastrutture critiche o strategiche (quali ad es. i sistemi di produzione, stoccaggio e distribuzione di energia elettrica, gas naturale e olio combustibile e gli insediamenti strategici militari operativi).”

Per i riferimenti IAEA della SSG-29 (2014) si rimanda a quanto riportato nel capitolo relative al criterio di esclusione CE15.

Nella presente fase di localizzazione sono state eseguite alcune attività speditive nel corso del 6° livello di analisi nelle aree non escluse per raccogliere, laddove disponibili, dati relativi alla presenza nota di infrastrutture critiche. Da queste attività è stato possibile trarre alcune prime indicazioni riguardo il criterio CA13.

La completa verifica del criterio richiede indagini dirette proprie delle successive fasi del processo di localizzazione anche perché è necessario definire il posizionamento dei siti di localizzazione del Deposito all'interno delle aree potenzialmente idonee al fine di valutarne la rilevanza della possibile interferenza.