



REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

ACCORDO DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA

TRA

REGIONE SICILIANA – DIPARTIMENTO REGIONALE DELL’AUTORITÀ DI BACINO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SICILIA (nel seguito denominato “AdB Sicilia”) con sede e domicilio fiscale in via Generale V. Magliocco n. 46, 90141 Palermo, Codice Fiscale 80012000826 - Partita IVA 02711070827, nella persona del Segretario Generale, Ing. Francesco Greco, domiciliato per la carica e agli effetti del presente atto presso la suindicata sede

E

L’UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO - DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA E DEL MARE (nel seguito denominato “DiSTeM”) con sede legale in Palermo, via Archirafi 22 - 90123, Codice Fiscale n. 80023730825, Partita IVA 00605880822, in persona del Direttore Pro-Tempore del DISTEM Prof. Valerio Agnesi, nato a Palermo (Palermo) il 15 dicembre 1950 C.F. GNSVLR50T15G273S, nominato Direttore con Decreto Rettorale 2755/2018 del 12/10/2018, agli effetti del presente atto domiciliato presso il Dipartimento DiSTeM a Palermo in Via Archirafi 22,

PER

STUDIO E RICERCA PER L’INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI PROPENSIONE AL DISSESTO GEOMORFOLOGICO - *Valutazione della suscettibilità da frana (SUFRA) in Sicilia*
- CUP: G69J17000760001

PREMESSE

VISTE le competenze e le funzioni attribuite per effetto del D.P. n° 4 del 17/04/2019 all’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia ed in particolare quelle conoscitive di cui all’art. 55 del d.lgs 152/2006.

CONSIDERATO che l’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (di seguito “AdB Sicilia”) deve dare attuazione, ai sensi del Decreto del Presidente della Regione Siciliana n. 6 del 18 gennaio 2013, alla direttiva 2007/60/CE e al D. Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”, con l’elaborazione del *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni* (PGRA) e la definizione periodica delle



REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

mappe di pericolosità e di rischio alluvioni e provvede quindi ad effettuare tutte le connesse attività conoscitive e di aggiornamento tecnico-scientifico.

VISTA la Direttiva 2007/60 CE che stabilisce in particolare che l'elaborazione del PGRA e i successivi aggiornamenti devono tenere conto delle zone a rischio e della valutazione delle conseguenze dei cambiamenti climatici sulla risposta del sistema dei bacini.

VISTA la deliberazione di Giunta Regionale n. 242 del 8 luglio 2013 con cui è stato dato l'avvio al Piano d'Azione e Coesione della Regione Siciliana con l'adozione del seguente atto: *“Avvio dell'attuazione del Piano di Azione e Coesione – Piano di salvaguardia interventi significativi in ritardo di attuazione – Linee di intervento – Ripartizione risorse e competenze”*.

VISTA la deliberazione della Giunta Regionale n. 349 del 14 ottobre 2013, con la quale sono state apprezzate le mappe di pericolosità e rischio del territorio siciliano in attuazione del D. Lgs. 49/2010, prevedendo l'avvio di un programma di studi idrologici/idraulici, con preliminare definizione ed effettuazione di studi e ricerche mirati in modo specifico all'approfondimento di alcuni temi prioritari ivi individuati.

VISTA la deliberazione n. 231 del 6 agosto 2014 che ha apprezzato il programma delle attività di studio e ricerca e di aggiornamento delle mappe di pericolosità previsto dalla predetta deliberazione n. 349. Nel programma sono stati definiti gli obiettivi e gli argomenti delle attività di studio e ricerca. Fra gli obiettivi rientrano in particolare il miglioramento della conoscenza dei principali processi idrologici e idraulici, e lo sviluppo di modelli e metodologie da utilizzare per le successive attività di pianificazione e progettazione.

Nel programma sono individuati una serie di temi di ricerca fra i quali figurano la valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici; metodologie, strumenti e modelli per valutazioni di vulnerabilità di danno e di rischio, ivi inclusa la valutazione del rischio residuo.

VISTO il Piano di Azione e Coesione, oggetto di numerose deliberazioni di Giunta Regionale (361/2013, 151/2014, 100/2015, 203/2015 e 280/2015), il quale individua, con l'azione 5.B.6 *“Interventi di mitigazione del rischio idrogeologico”*, un piano di interventi non strutturali (studi, indagini e reti di monitoraggio) che prevede, in coerenza con quanto stabilito dalla deliberazione 349/2013, una prima fase di studi e ricerche da svolgere secondo un programma adottato con la stessa



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

deliberazione. Per tale finalità il Piano ha previsto che il Dipartimento Regionale dell'Ambiente si possa avvalere di accordi di collaborazione con pubbliche amministrazioni ed enti pubblici di ricerca.

VISTO il Decreto Assessoriale 7.9.2015 dell'Assessorato Regionale del territorio e dell'Ambiente (pubblicato nella GURS n. 49 del 27 novembre 2015) *“Approvazione del piano di interventi non strutturali previsto dal PAC nuove azioni-azione 5B6, in attuazione della direttiva n. 2007/60 secondo il programma di attività di studio e ricerca e di aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio”*, il quale approva il piano di interventi non strutturali secondo il programma apprezzato con Delibera di Giunta regionale n° 231/ del 06/08/2014 da svolgersi in collaborazione con Enti di ricerca e Università degli studi della Sicilia.

VISTO il Decreto Assessoriale 12 aprile 2017 dell'Assessorato Regionale del territorio e dell'Ambiente (pubblicato nella GURS n. 22 del 26 maggio 2017) *“Modifiche al Decreto 7 settembre 2015, concernente approvazione del piano di interventi non strutturali previsto dal PAC nuove azioni - azione 5B.6, in attuazione della direttiva n. 2007/60/CE secondo il programma di attività di studio e ricerca e di aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio ”*, che modifica il piano di interventi non strutturali (studi, indagini e reti di monitoraggio) previsto dal PAC nuove azioni – azione 5.B.6 – A.3, di cui all'Allegato al D.A. 7 settembre 2015, e lo integra con le attività per *“Studi e ricerche per l'individuazione delle aree di propensione al dissesto geomorfologico”* e per *“Studi e ricerche per acquisizione dei dati sulle dinamiche dei litorali, per l'aggiornamento del PAI coste della Regione siciliana e per la valutazione del fabbisogno di sedimenti per il ripristino delle condizioni di equilibrio dei litorali”*. Inoltre, stabilisce che gli *“Studi e ricerche per l'individuazione delle aree di propensione al dissesto geomorfologico”* saranno svolti con accordi di collaborazione con l'Università di Palermo.

VISTA la Deliberazione n. 154 del 7 maggio 2020, avente ad oggetto: *“Piano di Azione e Coesione (PAC) Sicilia 2007/2013 III Fase. 'Misure Anticicliche' e 'Nuove Azioni'. Modifica della competenza attuativa della sottoazione A3 dell'Azione B6”*, con la quale la Giunta della Regione Siciliana ha stabilito di aggiungere l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia tra i Dipartimenti regionali responsabili dell'attuazione al corrispondente punto B6 del paragrafo 6 del Documento *'Descrizione dei Sistemi di Gestione e Controllo concernenti gli interventi finanziati dalle risorse del*



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

Fondo di rotazione nell'ambito del Piano di Azione e Coesione', di cui alla deliberazione della Giunta regionale n. 257 del 22 settembre 2014, e di sostituire il Dipartimento regionale dell'ambiente con la predetta AdB Sicilia esclusivamente per la sottoazione A3 'Interventi non strutturali (studi, indagini e reti di monitoraggio)' dell'Azione B6 in argomento, di cui alla deliberazione della Giunta regionale n. 203 del 10 agosto 2015.

VISTO il DSG 56 del 18 marzo 2021 con il quale l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia ha preso atto e confermato il programma di attività di studio e ricerca e di aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio e la relativa ripartizione delle risorse finanziarie del PAC nuove azioni – azione 5.B.6 – A.3 e modalità di attuazione (Accordi di collaborazione e bando di gara per acquisizione di beni e servizi) approvato con Decreto dell'Assessore regionale del Territorio e dell'Ambiente del 7.9.2015 (pubblicato nella GURS n. 49 del 27 novembre 2015) e modificato con Decreto dell'Assessore regionale del Territorio e dell'Ambiente del 12 aprile 2017 (pubblicato nella GURS n. 22 del 26 maggio 2017)-

CONSIDERATO che ai sensi degli articoli 53, comma 2, e 55 del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, e s.m.i., le Amministrazioni Pubbliche svolgono ogni opportuna azione di carattere conoscitivo, di programmazione e pianificazione degli interventi, per le finalità di difesa del suolo, il risanamento idrogeologico del territorio tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto, la messa in sicurezza delle situazioni a rischio. In particolare, in base ai principi desumibili dall'art. 55, comma 2, dello stesso D. Lgs. 152/2006, l'attività conoscitiva è svolta anche mediante *“modalità di coordinamento e di collaborazione tra i soggetti pubblici comunque operanti nel settore, che garantiscano la possibilità di omogenea elaborazione ed analisi...”*.

VISTO l'art. 15 della legge 7 agosto 1990, n. 241, che prevede che *“le amministrazioni pubbliche possono sempre concludere tra loro accordi per disciplinare lo svolgimento in collaborazione di attività di interesse comune”*.

VISTA la Legge Regionale 21 maggio 2019, n.7 (*“Disposizioni per i procedimenti amministrativi e la funzionalità dell'azione amministrativa”*) ed in particolare l'art.22 (*“Accordi fra le pubbliche amministrazioni”*), che, oltre a mutare, al primo comma, la facoltà, prevista dal richiamato art.15 della Legge 241/90, per le amministrazioni pubbliche di stipulare tra loro accordi per lo svolgimento

in collaborazione di attività di interesse comune, prevede, al terzo comma, che *“Resta fermo il rispetto dei principi della normativa dell'Unione europea e quanto previsto dall'articolo 5 del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 e successive modifiche ed integrazioni, come recepito dall'articolo 24, comma 1, della legge regionale 17 maggio 2016, n. 8”*.

VISTA la determina n. 7/2010 dell'Autorità per la Vigilanza sui contratti (ora Autorità Nazionale Anticorruzione), nella quale sono state definite condizioni e modalità per l'attuazione degli accordi di collaborazione tra enti pubblici e l'Atto 17/06/2015 - AG 50/2015 dell'Autorità Nazionale Anticorruzione la quale, nell'esprimersi ulteriormente sulla fattispecie in questione, trovando conforto anche nella giurisprudenza amministrativa più recente (Consiglio di Stato, sez. II, 22 aprile 2015, n. 1178), chiarisce inoltre che i limiti del ricorso agli accordi tra pubbliche amministrazioni possono individuarsi come segue:

- a) *“l'accordo deve regolare la realizzazione di un interesse pubblico, effettivamente comune ai partecipanti, che le parti hanno l'obbligo di perseguire come compito principale, da valutarsi alla luce delle finalità istituzionali degli enti coinvolti;*
- b) *alla base dell'accordo deve esserci una reale divisione di compiti e responsabilità;*
- c) *i movimenti finanziari tra i soggetti che sottoscrivono l'accordo devono configurarsi solo come ristoro delle spese sostenute, essendo escluso il pagamento di un vero e proprio corrispettivo, comprensivo di un margine di guadagno;*
- d) *il ricorso all'accordo non può interferire con il perseguimento dell'obiettivo principale delle norme comunitarie in tema di appalti pubblici”*.

CONSIDERATO che, in attuazione dell'art. 15 della Legge 241/90 vengono correntemente stipulati accordi di collaborazione fra enti pubblici per lo svolgimento di attività di interesse comune, anche per quanto riguarda attività di studio e ricerca.

VISTO il D. Lgs. 18 aprile 2016, n. 50 (art. 5, commi 6 e 7), Parte I, Titolo II, sui principi comuni in materia di accordi tra enti e amministrazioni aggiudicatrici nell'ambito del settore pubblico, che affronta in particolare il tema dei contratti esclusi in tutto o in parte dall'ambito di applicazione del codice degli appalti, stabilisce che un Accordo può essere concluso tra due o più amministrazioni aggiudicatrici quando sono soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- a) l'Accordo stabilisce o realizza una cooperazione tra le amministrazioni aggiudicatrici o gli enti aggiudicatori partecipanti, finalizzata a garantire che i servizi pubblici che essi sono tenuti a svolgere siano prestati nell'ottica di conseguire gli obiettivi che essi hanno in comune;
- b) l'attuazione di tale cooperazione è retta esclusivamente da considerazioni inerenti all'interesse pubblico;
- c) le amministrazioni aggiudicatrici o gli enti aggiudicatori partecipanti svolgono sul mercato aperto meno del 20 per cento delle attività interessate dalla cooperazione.

CONSIDERATO che fra le sopracitate Amministrazioni Aggiudicatrici sono ricomprese, ai sensi dell'art. 3 del D. Lgs. 50/2016, gli organismi di diritto pubblico elencati nell'allegato 4, fra i quali figurano le Università Statali.

VISTO l'art. 158 del D. Lgs. 50/2016 che stabilisce, relativamente ai servizi di ricerca e sviluppo, che le disposizioni del Codice degli appalti si applicano esclusivamente ai contratti per servizi di ricerca e sviluppo identificati con i codici CPV da 73000000-2 a 73120000-9, 73300000-5, 73420000-2 o 73430000-5, purché siano soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

- a) i risultati appartengono esclusivamente all'amministrazione aggiudicatrice e all'ente aggiudicatore, affinché li usi nell'esercizio della sua attività, e
- b) la prestazione del servizio è interamente retribuita dall'amministrazione aggiudicatrice e dall'ente aggiudicatore.

CONSIDERATO che secondo quanto espresso nei precedenti punti, il presente accordo di collaborazione scientifica, sottoscritto ai sensi dell'art. 15 della Legge 7 agosto 1990, n. 241 nonché ai sensi dell'art.22 della Legge regionale n.7/2019, è escluso dall'applicazione del Codice dei Contratti Pubblici (D. Lgs. n. 50/2016) in quanto, nella fattispecie:

- sono soddisfatte tutte le condizioni di cui all'art.5, comma 6 del D.Lgs. n.50/2016 nonché osservate le indicazioni formulate in proposito dall'ANAC, come sopra richiamate, atteso che l'accordo regola la realizzazione di un interesse pubblico effettivamente comune e coerente con le finalità istituzionali delle parti, con una reale divisione di compiti e responsabilità e relativi ripartizione dei costi, in corrispondenza dei quali i movimenti finanziari tra le parti medesime si configurano esclusivamente come ristoro delle spese sostenute;

- con riferimento all'art.158 del D.Lgs. n.50/2016: i risultati della ricerca non apparterranno esclusivamente ad una o ad entrambe le parti dell'accordo, affinché li usino nell'esercizio della rispettiva attività, ma, al contrario, sono destinati a essere condivisi e messi a disposizione di tutti gli enti e amministrazioni pubbliche a qualsiasi titolo competenti in materia di difesa del suolo e di gestione del rischio alluvioni; le attività di ricerca sono cofinanziate da entrambe le parti.

CONSIDERATO che, non ricadendo il presente accordo nell'ambito di applicazione oggettiva del codice dei contratti pubblici di cui al citato D.Lgs 50/2016, nella fattispecie, l'individuazione del partner pubblico, nonché la definizione dei contenuti della collaborazione scientifica e dei conseguenti obblighi fra le parti, deve essere unicamente improntata al rispetto dei principi di economicità, efficacia, imparzialità, parità di trattamento, trasparenza, proporzionalità, pubblicità, tutela dell'ambiente ed efficienza energetica, di cui all'art.4 del medesimo decreto legislativo, peraltro coincidenti con i criteri che, ai sensi della Legge 241/90 e della LR 7/2019, devono reggere l'attività amministrativa della Regione Siciliana e degli enti, istituti e aziende dipendenti dalla Regione e/o comunque sottoposti a controllo, tutela o vigilanza della medesima.

CONSIDERATO che l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia sta procedendo all'implementazione e all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo relativo alla valutazione dei fenomeni di allagamento nelle aree costiere; metodologie, strumenti e modelli per valutazioni di vulnerabilità di danno e di rischio, ivi inclusa la valutazione di rischio residuo, quale attività propedeutica da compiere per la successiva definizione delle azioni e degli interventi di messa in sicurezza del territorio nonché di riduzione del rischio idraulico, al fine di dare piena attuazione alla direttiva 2007/60.

CONSIDERATO che il DiSTeM, ha tra i suoi fini istituzionali la realizzazione di attività di ricerca scientifica nell'ambito della geomorfologia applicata e dell'analisi delle pericolosità geomorfologiche del territorio, con focus specifico sui fenomeni di dissesto idrogeologico e che presso il DiSTeM è attivo un gruppo di ricerca presso il laboratorio SUFRA (SUscettibilità da FRAna).

CONSIDERATO che entrambi i soggetti sottoscrittori in relazione allo statuto di ciascuna amministrazione non svolgono sul mercato aperto attività interessate dal presente accordo.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

RITENUTO che l'AdB Sicilia e il DiSTeM (di seguito "le Parti") hanno dunque un reciproco interesse ad addivenire ad una collaborazione istituzionale finalizzata al raggiungimento di obiettivi comuni nell'ambito delle tematiche in precedenza citate, avviando uno specifico programma di studio e ricerca della pericolosità geomorfologica del territorio siciliano, con approfondimenti su alcuni settori rappresentativi, i cui risultati consentiranno in una fase successiva di individuare le azioni e gli interventi più opportuni sia per la gestione del rischio geomorfologico, sia per la messa in sicurezza del territorio della regione.

CONSIDERATO che l'AdB Sicilia intende avvalersi del personale, delle attrezzature e delle strutture di ricerca del DiSTeM che, con delibera del Consiglio di dipartimento del 30 novembre 2020, ha manifestato la disponibilità delle necessarie capacità e competenze, nonché delle idonee risorse.

RITENUTO pertanto che l'individuazione del Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, quale partner per la realizzazione dello studio e della ricerca in questione, appare in linea con i principi richiamati all'art.4 del D.Lgs.50/2016 e all'art.1 della Legge 241/90 e all'art.1 della LR 7/2019.

CONSIDERATO che ai fini dell'attuazione gestione dell'intervento oggetto del presente Accordo, a valere sull'azione 5.B.6 "*Interventi di mitigazione del rischio idrogeologico*" Piano di Azione e Coesione 2007-2013, PAC Misure anticicliche – PAC Nuove Azioni REGIONE SICILIANA di cui alle Delibere GR 286 del 7 agosto 2013 e 306 del 12 settembre 2013 e successive modifiche ed integrazioni, secondo quanto riportato al paragrafo 6.2 del medesimo PAC, occorre fare riferimento al sistema di gestione, monitoraggio e controllo in essere per il PO FESR 2007 - 2013, approvato ai sensi dell'art.71 del Regolamento (CE) 1083/2006 (SIGECO del PO FESR 2007 - 2013, versione 4.0 del dicembre 2012 e successivi aggiornamenti).

CONSIDERATO, in particolare, che, ai fini della rendicontazione delle spese a valere sul predetto PAC, rileva il paragrafo 8 del "**Manuale per l'attività di controllo di I livello e modalità di rendicontazione**", personalizzato per la Regione Siciliana sulla base del Vademecum divulgato a livello nazionale (Vademecum per le attività di rendicontazione e controllo di I livello, predisposto dall'IGRUE nell'ambito del PON Governance e Assistenza tecnica 2007-2013, diffuso presso i Dipartimenti regionali e alle Unità di Monitoraggio e Controllo del Programma con nota prot. N. 8229 del 28 aprile 2010), e parte integrante del predetto SIGECO del PO FESR 2007 - 2013.

TUTTO CIÒ PREMESSO
SI CONCORDA QUANTO SEGUE

Articolo 1

Premesse

Le premesse e l'allegato 1 costituiscono parte integrante del presente accordo.

Articolo 2

Oggetto dell'Accordo

Con il presente accordo le Parti si impegnano a collaborare per la realizzazione dell'attività di ricerca e studio geomorfologico applicativo per l'individuazione delle aree di propensione al dissesto geomorfologico - valutazione della suscettibilità da frana (SUFRA) in Sicilia.

Le attività sono specificate nell'Annesso Tecnico (Allegato 1) che viene allegato al presente Accordo, costituendone parte integrante.

Tutte le attività di cui al punto precedente dovranno tener conto del quadro conoscitivo disponibile presso le Parti.

Articolo 3

Modalità di esecuzione delle attività

L'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia si impegna a:

- a) cofinanziare le attività in programma e a mettere a disposizione le risorse umane e/o strumentali necessarie e i locali per lo svolgimento delle attività di interesse comune;
- b) mettere a disposizione del DiSTeM la documentazione esistente relativa ai bacini oggetto di studio;
- c) operare in sinergia con il DiSTeM per l'esecuzione delle attività di ricerca secondo quanto riportato nell'Annesso Tecnico al presente accordo;
- d) programmare e organizzare incontri/seminari presso i propri locali per consentire la discussione e gli approfondimenti sulla materia.

Il DiSTeM si impegna a:

- a) mettere a disposizione le risorse umane e/o strumentali necessarie e i locali per lo svolgimento delle attività di interesse comune;

- b) operare in sinergia con l'AdB Sicilia per l'esecuzione delle attività di ricerca e studio secondo quanto riportato nell'Annesso Tecnico al presente accordo;
- c) mettere a disposizione le proprie competenze e professionalità, e i propri laboratori e mezzi per l'esecuzione delle indagini e per l'espletamento delle ricerche e studi di cui al Programma delle attività di cui all'art.6;
- d) operare in sinergia con l'AdB Sicilia per la predisposizione di metodologie e linee guida attinenti l'oggetto dei temi di ricerca del presente Accordo.

Le attività dell'accordo potranno formare oggetto di tesi di laurea e tirocini formativi di cui le Parti si impegnano a darsi reciprocamente tempestiva notizia.

Il ricorso a personale non strutturato (ricercatori a tempo determinato, assegnisti di ricerca, dottorandi/borsisti) e l'acquisizione di beni e servizi dovranno avvenire nel rispetto della normativa comunitaria e statale di settore, e nel rispetto dei principi di concorrenza partecipazione, pubblicità e non discriminazione. Nell'ambito del presente accordo potranno essere ricomprese e rendicontate le attività di assegnisti di ricerca e/o borsisti che già svolgono attività di collaborazione con il DiSTeM.

Articolo 4

Referenti e responsabili scientifici

I Referenti e responsabili scientifici designati dalle Parti per la gestione delle attività oggetto del presente Accordo, sono:

- per il DiSTeM il Prof. Edoardo Rotigliano;
- per l'AdB Sicilia il dirigente pro-tempore del Servizio 2 “*Assetto del Territorio*” Dott.ssa Lucina Capitano

Il coordinamento tecnico-scientifico delle attività sarà assicurato da un gruppo di lavoro partecipato dai responsabili scientifici dei due Enti. Al gruppo di lavoro, che si riunirà periodicamente, potranno essere invitati a partecipare anche altri soggetti che di volta in volta si intende coinvolgere nell'attuazione delle attività.

I suddetti Referenti potranno avvalersi di collaboratori interni per l'espletamento delle attività in oggetto. Ciascuna Parte si riserva il diritto di sostituire il Referente sopra individuato, dandone tempestiva comunicazione alla controparte.

Articolo 5

Durata e tempi di consegna

Il presente accordo è efficace dalla data di registrazione del decreto di approvazione ed ha una durata **di ventiquattro mesi** dalla predetta data di efficacia, secondo le tempistiche individuate nella tabella relativa al cronoprogramma delle attività contenuta nell'Annesso tecnico (Allegato 1) al presente Accordo.

Il termine finale potrà essere prorogato su eventuale richiesta motivata di una o ambedue le Parti, senza che ciò comporti alcun onere aggiuntivo per le Parti rispetto a quanto previsto al successivo articolo 7.

Articolo 6

Programma delle attività

Le prestazioni di cui consta il programma di studi e ricerche sono distinte per attività e fasi temporali, come individuate nel cronoprogramma contenuto nell'Annesso tecnico. In particolare il DiSTeM, con decorrenza dalla data determinata ai sensi del precedente art. 5, dovrà presentare all'AdB Sicilia:

- a) relazione tecnico-metodologica preliminare, da trasmettere entro 30 giorni dalla notifica del decreto di approvazione del presente Accordo;
- b) relazioni tecniche intermedie delle attività svolte, da trasmettere con cadenza semestrale, a partire dalla notifica dell'avvenuta registrazione del decreto di approvazione dell'Accordo, inerente le informazioni, i risultati e i prodotti degli studi effettuati;
- c) relazione tecnica finale sugli studi svolti, da trasmettersi alla scadenza dell'Accordo, comprendente ogni elaborato e prodotto previsto nell'Annesso Tecnico.

Le relazioni tecniche di cui al comma 1 saranno consegnate all'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia nei seguenti formati:

- a) n. 1 copia cartacea completa;
- b) n. 1 copia in formato pdf riproducibile;
- c) n. 1 copia in formato editabile attraverso gli strumenti informatici utilizzabili dall'AdB Sicilia.

Saranno inoltre consegnate le metodologie, le linee-guida, i manuali, i modelli e i software sviluppati nell'ambito dell'attività di ricerca.

I dati e le elaborazioni risultanti dalle attività di cui al presente Accordo saranno consegnati all'AdB Sicilia in formato editabile ed elaborabile attraverso i software a disposizione dell'Autorità, ovvero con software liberi, compatibilmente con gli aspetti connessi all'utilizzo di software di proprietà del DiSTeM.

Articolo 7

Oneri finanziari

L'onere finanziario risulta così suddiviso:

- a) euro 29.960,00 (ventinovemilanovecentosessanta/00) a carico dell'AdB Sicilia, relativo all'impegno di risorse umane in servizio presso l'AdB Sicilia per lo svolgimento delle attività in programma (reperimento ed elaborazione dati cartografici, aerofotogrammetrici, geologici e geomorfologici; partecipazione a sopralluoghi e missioni; analisi e revisione congiunta archivio eventi PAI; partecipazione a riunioni di coordinamento per la definizione di linee guida e proposta aggiornamento delle norme di attuazione);
- b) euro 250.000,00 (duecentocinquantamila/00) a carico dell'AdB Sicilia, a valere sulle risorse stanziare dal PAC linea 5B6, per il ristoro delle spese sostenute dal DiSTeM per lo svolgimento delle attività in programma;
- c) euro 33.000,00 (trentatremila/00) a carico del DiSTeM relativo all'impegno di risorse interne per lo svolgimento delle attività in programma.

La ripartizione dei costi come sopra specificato risulta giustificata dall'interesse prevalente per l'AdB Sicilia di dare attuazione alla direttiva 2007/60 e al D.A. del 12/4/2017, che prevede lo svolgimento di specifici studi e ricerche relativi alle condizioni di suscettibilità da frana del territorio siciliano. Studi e ricerche, per i quali è richiesta la specifica competenza scientifica del DiSTeM e che comportano una elevata incidenza di costi vivi che lo stesso DiSTeM dovrà sostenere per il raggiungimento degli obiettivi previsti nel programma.

I movimenti finanziari previsti nell'ambito del presente accordo si configurano esclusivamente come ristoro delle spese sostenute. È escluso il pagamento di un vero e proprio corrispettivo comprensivo di un margine di guadagno per il DiSTeM.

I costi sostenuti per le voci di spese di cui al punto **b)**, dettagliate nell'Allegato Tecnico, pena la non

ammissibilità e, coerentemente con quanto previsto alla legge 7 agosto 1990, n. 241 che regola il presente accordo, dovranno essere esclusivamente destinati a spese inerenti le finalità del progetto e dovranno essere debitamente rappresentati e giustificati da idonea documentazione, in conformità ai criteri, modalità, limiti e condizioni di cui al paragrafo 8 del “Manuale per l’attività di controllo di I livello e modalità di rendicontazione”, parte integrante del predetto Si.Ge.Co, del PO FESR Sicilia 2007/2013. Sono ammesse variazioni di spesa tra le specifiche voci di costo esposte nell’Allegato tecnico per un importo massimo del 10% dell’importo totale del contributo, previa motivazione e comunicazione all’AdB.

Poiché trattasi di trasferimento di risorse per rimborso, lo stesso è fuori campo di applicazione IVA ai sensi degli artt. 1 e 4 del DPR n. 633/72 e non soggetto peraltro alla ritenuta fiscale di cui all’art. 28 del DPR n. 600/73.

L’AdB Sicilia provvederà ad erogare a favore del DiSTeM il rimborso delle spese sostenute con le modalità di seguito riportate:

- il 40% entro 30 gg. dalla presentazione della relazione preliminare contenente il progetto esecutivo della ricerca;
- un ulteriore 40% entro 30 gg. dall’approvazione della prima relazione intermedia e dei relativi prodotti, corredata dalla documentazione giustificativa delle spese effettivamente sostenute per un importo complessivo non inferiore all’80% della prima tranche erogata;
- il restante 20% delle spese sostenute, fino all’importo massimo complessivo di euro 250.000,00 (250.000/00), entro 30 gg. dall’approvazione della relazione finale e dei relativi prodotti e corredata dalla documentazione giustificativa delle spese effettivamente sostenute per l’attività di ricerca.

Le erogazioni saranno effettuate previa presentazione di apposita documentazione a supporto. Tutta la documentazione dovrà recare l’esplicita dizione “Attività di studio e ricerca per l’individuazione delle aree di propensione al dissesto geomorfologico. Valutazione della suscettibilità da frana (SUFRA) in Sicilia”. Le erogazioni saranno effettuate mediante versamento delle relative somme tramite emissione di pagamento sul conto della Tesoreria Unica Regionale.



REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Utilizzo del logo

Le Parti si danno atto dell'esigenza di tutelare e promuovere l'immagine dell'iniziativa comune e quella di ciascuna di esse. In particolare i logo della Regione Siciliana e del DiSTeM potranno essere utilizzati nell'ambito delle attività comuni oggetto del presente accordo.

L'utilizzazione del logo delle due Parti, straordinaria o estranea all'azione istituzionale corrispondente all'oggetto di cui all'art. 2 del presente accordo, richiederà il consenso della Parte interessata.

Articolo 9

Personale

Ciascuna parte è esonerata da ogni responsabilità derivante dai rapporti di lavoro che venissero instaurati dall'altra nell'ambito delle attività di cui al presente accordo. Si impegna inoltre ad adempiere, nell'esecuzione del presente accordo, a tutti gli obblighi derivanti dalla legge e dai contratti collettivi di lavoro, a quelli relativi alla protezione del lavoro ed alla tutela dei lavoratori, ivi compresi quelli sulle assicurazioni sociali. Provvederà infine alla copertura assicurativa del proprio personale.

Il personale dell'AdB Sicilia e del DiSTeM o altro da questi delegato, che si rechi presso ciascuna Parte per lo svolgimento dei compiti relativi al presente Accordo, è tenuto ad uniformarsi ai regolamenti disciplinari e di sicurezza in vigore nei laboratori e/o uffici della stessa Parte.

Articolo 10

Proprietà dei risultati

I risultati delle attività svolte saranno di proprietà delle Parti, che potranno utilizzarli per i propri compiti istituzionali. In particolare le metodologie e linee guida sviluppate saranno rese disponibili a tutti gli enti e amministrazioni pubbliche a qualsiasi titolo competenti in materia di difesa del suolo e di gestione del rischio alluvioni. I dati utilizzati per le attività di studio non possono, comunque, essere comunicati a terzi se non previo Accordo delle Parti.

Le Parti si impegnano reciprocamente a dare atto, in occasione di presentazioni pubbliche dei risultati conseguiti o in caso di redazione e pubblicazione di documenti di qualsiasi tipo, che quanto realizzato consegue alla collaborazione instaurata con il presente Accordo.

Articolo 11

Informativa trattamento dati

Ai sensi di quanto previsto dal D. Lgs. 30 giugno 2003 n. 196, le Parti dichiarano di essere state informate circa le modalità e le finalità di utilizzo dei dati personali nell'ambito dei trattamenti automatizzati o cartacei di dati ai fini della esecuzione del presente atto.

Le Parti dichiarano, altresì, che i dati forniti con il presente atto sono esatti e corrispondono al vero, esonerandosi reciprocamente da ogni e qualsivoglia responsabilità per errori materiali di compilazione ovvero per errori derivanti da una inesatta imputazione negli archivi elettronici o cartacei di detti dati. Ai sensi del T.U. sopra citato, tali trattamenti saranno improntati ai principi di correttezza, liceità e trasparenza e nel rispetto di norme di sicurezza.

Sottoscrivendo il presente atto le Parti dichiarano di essersi reciprocamente data informazione di tutte le clausole previste dall'art. 13 della richiamata normativa, ivi comprese quelle relative ai nominativi del titolare e del responsabile del trattamento.

Articolo 12

Riservatezza

Ciascuna Parte si impegna a non divulgare le informazioni di cui sia venuta a conoscenza o trasmesse nell'ambito dell'esecuzione del presente Accordo, ed a trattarle con la massima riservatezza.

I dipendenti e/o collaboratori dovranno tutelare con la dovuta riservatezza e cautela tutte le informazioni di cui verranno a conoscenza in occasione dell'esecuzione del presente Accordo.

Il suddetto obbligo di riservatezza dovrà essere rispettato e fatto rispettare anche successivamente alla scadenza del presente Accordo.

Articolo 13

Recesso

Ciascuna delle Parti ha facoltà di recedere dal presente accordo, in qualsiasi momento, previa comunicazione scritta da inviare all'altra con un preavviso di 30 giorni mediante posta elettronica certificata (PEC). La parte che esercita tale facoltà deve, motivare l'esercizio del diritto del recesso indicando i sopravvenuti motivi di interesse pubblico incompatibili con il prosieguo delle attività del presente accordo.

Nel caso in cui il DiSTEM non ottemperi ai termini del presente accordo, in particolare non consegna gli elaborati tecnici nei termini previsti e il ritardo superi la durata di 30 giorni, l'ADB Sicilia ha la



REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

facoltà di revocare il cofinanziamento e può valutare di procedere al recupero delle eventuali somme erogate.

Articolo 14

Controversie

In caso di controversie in ordine all'applicazione delle clausole contenute nel presente Accordo, le Parti si impegnano alla composizione amichevole delle stesse.

In caso contrario le relative questioni dovranno essere devolute alla competenza del Foro individuato in base alla Legge.

Articolo 15

Oneri fiscali

Le parti convengono che il presente accordo è soggetto a registrazione solo in caso d'uso, ai sensi dell'art. 4 del D.P.R. 26 aprile 1986 n. 131. Le eventuali spese di registrazione saranno a carico della parte richiedente.

Il presente atto viene redatto in un unico originale in formato digitale ed è soggetto ad imposta di bollo assolta mediante utilizzo di n. 4 contrassegni da € 16 cadauno recanti i numeri, 01191282185200, 01191282185197, 01191282185186, 01191282185175, a carico del Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare dell'Università degli Studi di Palermo.

Articolo 16

Validità dell'accordo

Il presente accordo di collaborazione è sottoscritto con firma digitale, come previsto dall'art. 15, comma 2 bis, della legge n. 241 del 1990 e s.m.i.

Per l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

Il Segretario Generale - Ing. Francesco Greco

Per il Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare dell'Università degli Studi di Palermo

Il Direttore - Prof. Valerio Agnesi



REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO**

ALLEGATO TECNICO

1. PREMESSA

Il presente documento tecnico costituisce parte integrante dell'omonimo Accordo firmato tra i due enti in epigrafe, specificandone nei dettagli le modalità realizzative delle attività previste.

Già in passato, la Regione Siciliana attraverso l'Assessorato Territorio e Ambiente (ARTA) della (Dipartimento Regionale dell'Ambiente - Servizio n. 3: Assetto del territorio e difesa suolo) ed il Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) dell'Università degli Studi di Palermo (UNIPA) hanno realizzato attività di collaborazione tecnico-scientifica, relativamente al tema della valutazione della suscettibilità da frana ed all'integrazione dei modelli di suscettibilità all'interno delle procedure di valutazione del rischio geomorfologico all'interno del vigente PAI (Piano Assetto Idrogeologico). Tale rapporto ha inizialmente trovato formalizzazione in un Accordo non oneroso per attività di collaborazione scientifica (prot. 64815 del 14/10/2011 – Servizio 3 ARTA), avente per oggetto la realizzazione di un "Progetto pilota per la realizzazione di cartografia multilivello della suscettibilità da frana in Sicilia – Progetto SUFRA_SICILIA 609". In particolare, la metodologia SUFRA (SUscettibilità da FRAna) definisce livelli di approfondimento e precisione previsionale della cartografia prodotta, che dipendono dalla qualità e quantità dei dati di partenza e, di conseguenza, dalle metodologie di analisi applicate. Nella prima applicazione del SUFRA furono individuati 3 livelli di restituzione: SUFRA 100, SUFRA50 e SUFRA10. Le ricerche condotte in collaborazione tra la Regione Siciliana e DISTEM hanno poi portato alla messa a punto di un protocollo metodologico basato su due soli livelli di approfondimento: uno di bacino, in scala 1:50.000 (SUFRA50) ed uno che scende alla scala di versante, in scala 1:10.000 (SUFRA10). Al di là della scala di restituzione, i due protocolli differiscono relativamente al tipo di inventario richiesto per la calibrazione del modello, di unità di mappatura utilizzate e risoluzione del DEM e dei livelli tematici sorgente (vedi di seguito). Successivamente, in data 14/12/2012, è stata stipulata una convenzione, per la applicazione della procedura SUFRA10 per il bacino pilota del Fiume Imera settentrionale e, limitatamente alle frane di colata rapida, per i bacini dei Torrenti Giampileri e Briga. Le attività del progetto SUFRA sono terminate con la consegna della cartografia prodotta, nel mese di maggio del 2015.

Alla luce dei risultati conseguiti in occasione di queste prime iniziative, i cui primi risultati

sono stati pure presentati a convegni internazionali (Agnesi et al. 2012a, 2012b; Rotigliano et al. 2013), costituendo anche oggetto di pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali (Cama et al. 2015, 2016; Conoscenti et al., 2016; Lombardo et al., 2014, 2015, 2016), si è oggi in grado di valutare la metodologia SUFRA, come pienamente soddisfacente ed adeguata alle necessità di utilizzo dello strumento previsionale costituito dal PAI. È d'altra parte necessario procedere all'ulteriore applicazione del metodo, su un numero maggiore di bacini, in modo da verificarne la generalizzabilità a scala regionale, eventualmente apportando opportuni aggiustamenti e modifiche. Ciò nondimeno, la necessità di pervenire in tempi brevi ad un primo grado di visione generale dell'andamento della suscettibilità da frana alla scala regionale, così come, sulla base di quest'ultimo, di valutare costi e strategie per un'applicazione ed integrazione della metodologia SUFRA10 all'interno del PAI, rende necessaria preliminarmente una fase di studio ad un livello di risoluzione minore, a scala di bacino (SUFRA50), ma sistematicamente esteso all'intero territorio siciliano. Contestualmente, approfondimenti a scala di versante (SUFRA10) potranno essere realizzati su bacini campione o loro settori rappresentativi, opportunamente selezionati proprio sulla base del quadro ricostruito al livello SUFRA50, in questo modo consentendo di sia di tarare e validare la stessa metodologia SUFRA50, sia di generalizzare ed affinare il protocollo SUFRA10, in vista di una successiva estensione a tutte le aree del territorio regionale meritevoli del maggiore dettaglio SUFRA.

Il livello SUFRA50 fornisce infatti una prima valutazione quantitativa e sistematica delle condizioni di propensione al dissesto geomorfologico a scala di bacino su tutto il territorio regionale, in questo modo realizzando l'integrazione ed il completamento delle informazioni ad oggi contenute nel PAI, colmando i vuoti informativi della metodologia PAI (ancorata alla presenza di dissesti segnalati e censiti) e fornendo indicazioni sulla presenza di aree/siti di interesse o suscettibilità, le cui condizioni di Pericolosità/Rischio ancorché indeterminate nel PAI vigente, andrebbero in ogni caso riconsiderate nel caso di ipotesi di interventi sul territorio.

Nell'ambito del presente progetto, il livello SUFRA50 fornirà una caratterizzazione della suscettibilità di settori o bacini rappresentativi, sui quali realizzare i test metodologici per l'applicazione e la messa a punto del metodo SUFRA10. Infatti, un'ipotesi di integrazione della classificazione SUFRA all'interno delle norme di attuazione del PAI (definendo una

matrice di Rischio derivante dall'incrocio tra suscettibilità e vulnerabilità, cui agganciare norme di attuazione), richiede appunto l'analisi delle pericolosità ad una scala di maggiore dettaglio, quale quella consentita dal livello SUFRA10. Gli studi di approfondimento con metodologia SUFRA10, da una lato porteranno alla realizzazione dei prodotti finali PAI2.10, per i bacini o settori campione selezionati; dall'altro, consentiranno di definire il protocollo utilizzabile per la realizzazione della copertura regionale SUFRA10; ancora, costituiranno una validazione, su un livello più accurato, delle condizioni di suscettibilità definite al livello SUFRA50.

Al termine del progetto, l'integrazione dell'attuale PAI con il SUFRA realizzerà, di fatto, il PAI 2 (seconda fase, ai sensi dell'Atto di indirizzo e coordinamento - D.P.C.M. 29/9/98) per il territorio siciliano, collocando l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (cui sono state frattanto attribuite le competenze conoscitive di cui all'articolo 55 del D. LGSL. 152/2006) nel novero di quelle che, a livello nazionale, completano il percorso metodologico previsto al decreto legge Sarno (D.L. 180/98), laddove si prevedeva il passaggio dai PAI dei dissesti ai PAI della propensione.

2. OBIETTIVI GENERALI DEL PROGETTO

2.1 Dal PAI del Censimento al PAI della suscettibilità

Dal punto di vista metodologico, l'attuale realizzazione del PAI (Piano Assetto Idrogeologico) da parte della Regione Sicilia è ad oggi legata al recepimento del DL 180/98 (poi convertito nella Legge 267/98 "Legge Sarno"), secondo quanto indicato all'Atto di indirizzo e coordinamento (DPCM 29/9/98). In particolare, la valutazione della pericolosità geomorfologica è basata sul censimento dei fenomeni già noti (perché oggetto di segnalazione da parte di enti pubblici e privati, attraverso un complesso meccanismo di interazione tra autorità di bacino ed enti periferici) ed alla loro caratterizzazione in termini di caratteristiche di velocità-dimensioni (matrice di magnitudo) e stato di attività (matrice di pericolosità). Laddove la pericolosità geomorfologica interseca nello spazio la presenza di beni vulnerabili esposti alla minaccia (questi ultimi suddivisi in classi crescenti di vulnerabilità, sulla base del loro valore socio-economico), allora vengono prodotte aree a rischio geomorfologico (matrice di rischio). Il rischio è poi ordinato in classi crescenti, per

ciascuna delle quali sono previste norme di prescrittive e di eventuale vincolo d'uso coerentemente crescenti.

La metodologia PAI è dunque basata su un approccio di tipo analitico, legato cioè alla valutazione soggettiva dei fenomeni e qualitativo, in quanto la suddivisione in classi di pericolosità è funzione di una classificazione su base euristica, non dipendente da stime di tipo probabilistico. Ma soprattutto, l'attuale quadro della pericolosità geomorfologica restituito dal PAI è totalmente dipendente dal grado di completezza e correttezza dell'inventario delle frane, quest'ultimo essendo il frutto di una procedura di interazione tra autorità di bacino ed enti periferici (in primo luogo, i comuni), i quali sono alla base del processo di segnalazione dell'evento pregresso. Di fatto, eventi recenti hanno messo in evidenza come la non corretta determinazione dell'inventario delle frane abbia causato poi una non corretta classificazione delle condizioni di pericolosità geomorfologica nel PAI. D'altra parte, sotto il profilo metodologico, l'attuale procedura di valutazione della pericolosità geomorfologica resta esclusivamente legata alla possibile ri-attivazione di fenomeni già censiti e noti (così come da DPCM 29/9/98) perché attivi nel passato. Il modello resta completamente "cieco" rispetto alla possibile neo-attivazione di fenomeni, alla circostanza cioè che versanti mai interessati da fenomeni franosi nel passato possano domani essere soggetti a dissesti. Di fatto, non è presente all'interno del PAI una valutazione delle condizioni di propensione dei versanti al dissesto.

Sebbene sia certamente vero che larga parte dei danni annualmente prodotti dai fenomeni franosi sono di fatto conseguenti a ri-attivazione di fenomeni pregressi ad attività diacronica, sono frequenti eventi di neo-attivazione che, proprio per il fatto di non avere associate condizioni di pericolosità, hanno prodotto danni all'interno di aree a rischio apparente pari a zero. Per di più, per ovvie ragioni, tutti gli eventi di ri-attivazione che riguardano frane mancanti nell'inventario PAI, causano lo stesso errore previsionale prodotto dalle neo-attivazioni. Ciò è particolarmente "rischioso" se si pensa alle due circostanze che principalmente determinano i "buchi informativi" nell'inventario frane del PAI: le aree non ricadenti all'interno dei centri abitati; le aree soggette a frane superficiali. Infatti, proprio per il fatto di essere legato alle segnalazioni da parte degli enti territoriali, l'inventario PAI è di norma più completo nelle aree urbanizzate, lì dove gli eventi pregressi hanno determinato

danni tangibili (dunque quasi sempre segnalati), risultando invece meno completo e preciso (in alcuni casi, vuoto!) nelle aree esterne alle aree urbanizzate. D'altra parte, l'evoluzione dell'uso del suolo è proprio legata all'espansione delle aree di interesse periferiche o anche di quelle un tempo adibite a pascolo o coltivo e che adesso si trovano nei corridoi di attraversamento di importanti reti infrastrutturali o di espansione commerciale e industriale. Allo stesso tempo, il fatto che le frane superficiali lascino normalmente segni morfologicamente poco persistenti e dunque facilmente cancellabili dai processi erosivi o di antropizzazione, fa sì che queste rischiano di non entrare in un censimento condotto dopo anche solo pochi anni dall'evento. Se si pensa che tra le frane superficiali si trovano anche colate e scorrimenti che interessano il solo regolite e che, sotto determinate circostanze, possono evolvere in colate rapide, è evidente come anche questa circostanza esponga il PAI ad una pesante sottostima della pericolosità geomorfologica (Fig. 1).

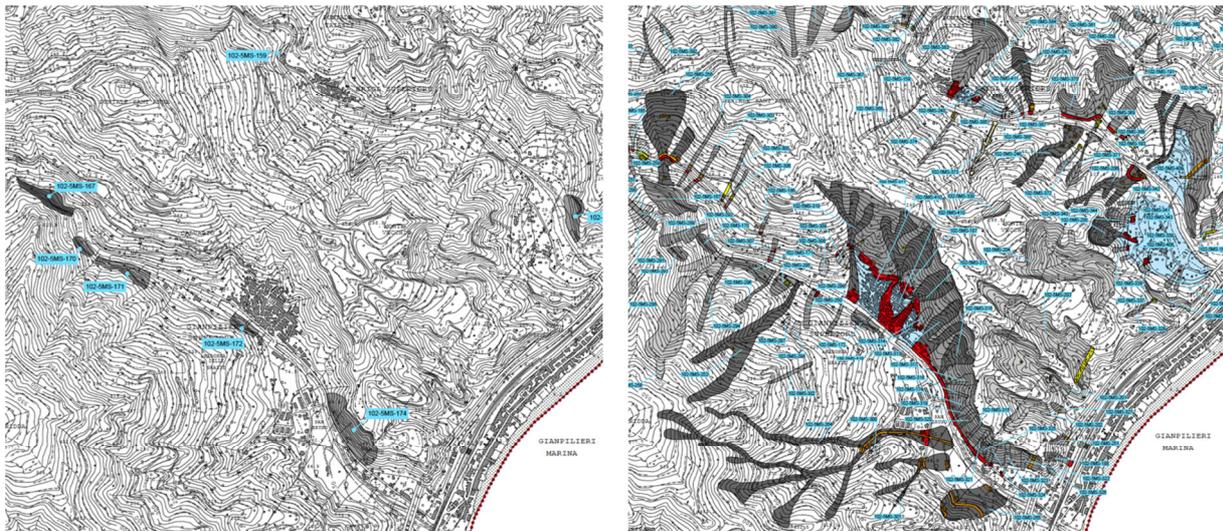


Fig. 1 – Stralcio della sezione PAI (609100) dell'area di Giampilieri prima (sinistra) e dopo (destra) l'aggiornamento successivo al disastro del 2009. I toni di grigio individuano classi di pericolosità crescenti.

Altri limiti previsionali prodotti dal completo affidamento della metodologia di valutazione della pericolosità da frana all'inventario dei fenomeni pregressi segnalati (censiti) nell'archivio PAI, risultano evidenti se si osserva uno stralcio di un'area interessata da fenomeni censiti e classificati in termini di pericolosità (Fig. 2). È infatti possibile osservare come, essendo la mappatura della pericolosità univocamente collegata alla presenza del fenomeno, si determinino scenari con aree pericolose quasi adiacenti, in mezzo alle quali si

trovano settori che risultano nei fatti a pericolosità zero, pur avendo, del tutto prevedibilmente, le stesse identiche condizioni geomorfologiche e, dunque, una elevata propensione a dare, nel futuro, fenomeni analoghi a quelli osservati in prossimità.

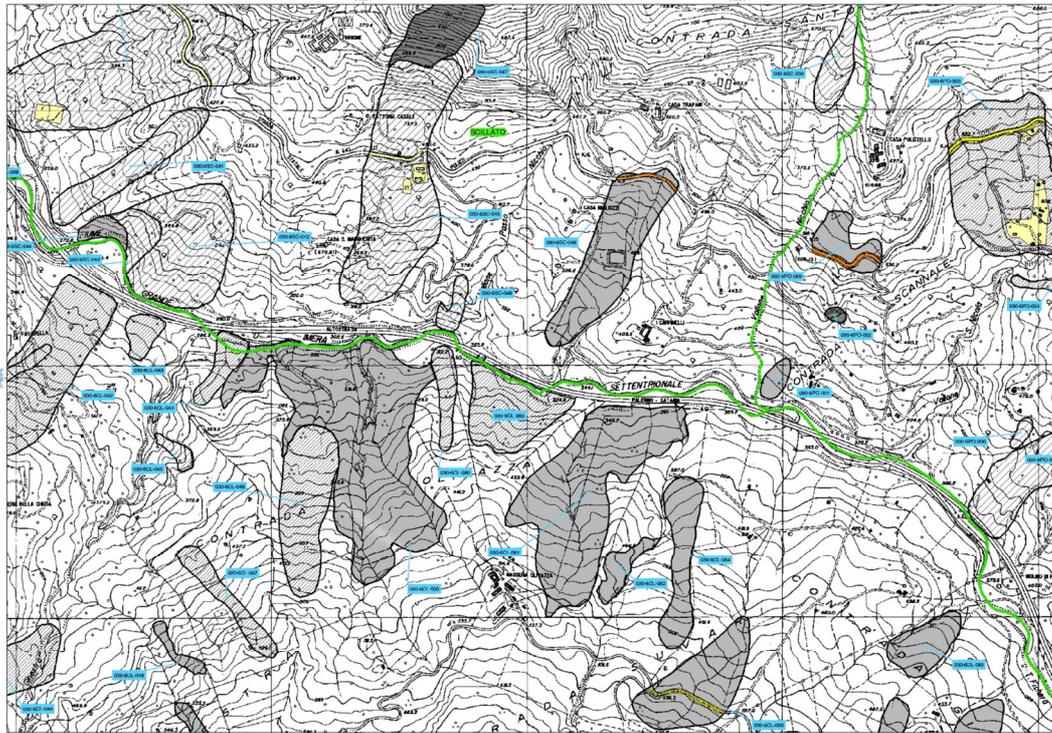


Fig. 2 – Stralcio di una sezione PAI (609160). I toni di grigio individuano classi di pericolosità crescenti.

Ad attenuare gli effetti prodotti da questi limiti, già in questa fase, il servizio 3 PAI ha sviluppato alcuni correttivi basati sulla mappatura di **siti di attenzione**, di quei settori cioè che, sebbene in passato non abbiamo presentato attivazioni di fenomeni, per le caratteristiche geomorfologiche specifiche che presentano (che lasciano prevedere una propensione al dissesto) sono da ritenersi, ai fini della realizzazione di opere l.s., come meritevoli di necessari approfondimenti di studio. Si tratta, in effetti di una apertura al problema della suscettibilità, che tuttavia non è in questa fase basata su un riconoscimento sistematico (con la stessa precisione su tutto il territorio regionale), oggettivo (indipendente dall'operatore) e quantitativo (misurato su una scala di probabilità) delle condizioni di propensione.

Un altro correttivo introdotto alla procedura PAI, in fase di elaborazione e formalizzazione, è il ricorso a delle aree di buffer intorno alle aree in frana, che in qualche modo proiettino la

pericolosità dei fenomeni ad un intorno morfodinamicamente collegato. Anche in questo caso, la scelta delle ampiezze dei buffer risulta difficilmente determinabile in modo oggettivo e quantitativamente basato, restando legata ad una stima prudenziale definita su base analitica.

È proprio per le ragioni di sopra esposte, che la ricerca scientifica ha sviluppato metodologie di valutazione quantitativa ed oggettiva della propensione al dissesto, basate su analisi geostatistiche delle relazioni tra frane e fattori fisico-ambientali, che fanno riferimento ad un nuovo concetto previsionale: **la suscettibilità da frana.**

La suscettibilità da frana (termine consolidato a livello nazionale ed internazionale, che precisa il concetto di propensione) esprime la probabilità (in un intervallo da 0 a 1) che un'area si trovi in condizioni di instabilità geomorfologica, sulla base delle sue caratteristiche fisico-ambientali, non già, dunque, esclusivamente sulla base dell'avvenuto riconoscimento di fenomeni pregressi. Recenti studi condotti da una commissione scientifica, istituita appositamente in sede comunitaria (vedi di seguito), hanno codificato le metodologie standardizzate per l'analisi da adottare alle varie scale per la valutazione della suscettibilità da frana. **In piena coerenza con queste, il progetto SUFRA si propone di:**

- 1) mettere a punto una metodologia (SUFRA50) per la valutazione della suscettibilità da frana in scala 1:50.000;**
- 2) realizzare la cartografia della suscettibilità in scala 1:50.000 di tutto il territorio regionale (PAI2.50) individuando criteri e metodi per l'integrazione nelle norme di attuazione del PAI (PAI2.10), di norma in termini di aree o siti di attenzione per le classi ad elevata suscettibilità;**
- 3) mettere a punto una metodologia (SUFRA10) per la valutazione della suscettibilità da frana in scala 1:10.000;**
- 4) realizzare la cartografia della suscettibilità in scala 1:10.000 di una serie di settori e/o bacini campione individuati di concerto con AdB Sicilia, sulla base della loro rappresentatività nei confronti della variabilità delle condizioni di dissesto idrogeologico del territorio siciliano, nonché alla luce del quadro di suscettibilità a scala regionale emergente dal PAI vigente, integrato dal livello SUFRA50 (che cronologicamente costituirà il primo prodotto realizzato);**



REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

5) di concerto con AdB Sicilia, individuare criteri e metodi per integrare il livello SUFRA10 nelle norme di attuazione del PAI (PAI2.10)

2.2 Quadro di riferimento comunitario

Il progetto SUFRA recepisce le strategie d'azione descritte nella decisione del Consiglio Europeo che stabilisce "Il Programma specifico recante attuazione del Programma quadro di ricerca e innovazione (2014-2020) – Horizon 2020" ed in particolare tra gli obiettivi specifici descritti alla Parte III "Sfide per la società".

Tra questi, infatti, viene individuato l'obiettivo "Conseguire un'economia efficiente sotto il profilo delle risorse e resistente ai cambiamenti climatici e un approvvigionamento sostenibile di materie prime che risponda alle esigenze della crescita demografica mondiale, entro i limiti sostenibili delle risorse naturali del pianeta". In quest'ambito, viene infatti enucleata una "Azione per il Clima, efficienza della risorse e materie prime". Il progetto trova dunque collocazione all'interno delle grandi linee 5.1 "Lotta e adattamento ai cambiamenti climatici", 5.2. "Gestione sostenibile delle risorse naturali e degli ecosistemi" e 5.5. "Sviluppare sistemi completi e stabili di informazione e osservazione ambientali a livello mondiale", nelle quali viene sviluppata l'Azione.

Per quanto riguarda il livello locale della programmazione, le attività del progetto si collocano pienamente nell'ambito delle linee strategiche e di indirizzo dell'Accordo di partenariato tra Italia e UE ed in particolare all'interno della linea 5 (Clima e rischi ambientali).

2.3 Quadro di riferimento metodologico

La Commissione Europea, nel 2006, ha adottato la Strategia Tematica per la Protezione del Suolo, dalla quale è stata ricavata una Proposta per una Direttiva Quadro che è stata poi sottoposta al Consiglio ed al Parlamento Europeo. Questa cornice legislativa include le frane tra i fenomeni che minacciano il suolo, per le quali, dunque, ci si propone di avviare programmi nazionali nei paesi membri, finalizzati: in una prima fase, ad identificare le aree sottoposte a rischio o pericolosità, utilizzando approcci e strumenti comuni; successivamente, a mettere a punto misure di mitigazione del rischio e di protezione del

suolo.

In questo contesto, il centro di ricerca congiunto (Joint Research Centre) della Commissione Europea, quale parte del programma di ricerca sui suoli, ha istituito un gruppo di esperti su frane per fornire supporto tecnico e scientifico al fine di assistere le politiche di protezione del suolo attivate a vari livelli in seno all'Unione Europea. Il gruppo di esperti è stato costituito includendo esperti nel settore delle frane e della valutazione della pericolosità da frana, appartenenti ai diversi paesi membri. È nell'ambito delle attività di questo gruppo di esperti che sono state sviluppate e condivise metodologie comuni di valutazione della suscettibilità da frana, le quali hanno poi trovato sintesi nella redazione di vere e proprie linee guida.

In generale, la metodologia definita all'interno delle linee guida pubblicate dal Gruppo-JRC può essere sintetizzata (Tab. 1) in un approccio multilivello (Tier), con previsione di cartografie a 3 livelli di scala e di approfondimento, per ciascuno dei quali vengono fornite indicazioni sia di carattere metodologico che relativamente ai dati sorgente da utilizzare.

Mentre sugli aspetti metodologici si dirà più nel dettaglio di seguito, per quanto riguarda le banche dati sorgente è importante sottolineare come il Gruppo-JRC, alla luce della cornice comunitaria all'interno della quale si è mosso, abbia dovuto fare riferimento a cartografie tematiche di base, modelli digitali di terreno ed inventari frane, che fossero omogeneamente disponibili alla scala dell'intero territorio dell'Unione.

MAP	Tier 1 (1:1,000,000)		Tier 2 (1:250,000)		Tier 3a (1:25,000)	Tier 3b (1:10,000)
	Methodology for susceptibility	Heuristic, weighted factors		Probabilistic, quantitative bivariate or multivariate		Probabilistic, quantitative multivariate
Inventory scale	1:200,000		1:50,000		1:10,000	1:10,000-1:2000
Inventory geometry	Points	Polygons	Points	Polygons	Polygons	Polygons
Landslide size	1 – 5 Ha	> 5 Ha	500 – 2500 m ²	> 2500 m ²	> 100 m ²	any
Information in the inventory	At least landslide location and type		At least landslide location, type and activity		Full database information	

Tab. 1 – Sintesi dei principali elementi per i protocolli di realizzazione dei differenti livelli Tier.

Il progetto SUFRA, d'altra parte, proponendosi di realizzare la mappatura della suscettibilità da frana unicamente alla scala del territorio siciliano, ha ridefinito le scale e i dettagli dei tre

livelli Tier, potendosi avvalere di dati di base di maggiore qualità e risoluzione. In questo senso, già in fase di realizzazione del progetto pilota sul bacino del Fiume Imera Settentrionale, si è adottata una differente cornice quadro, cui di seguito si farà riferimento anche per la presente proposta.

D'altra parte, sotto il profilo metodologico, va sottolineato come entrambi gli schemi facciano riferimento ad approcci che a partire dai primi anni ottanta (e.g., Carrara 1988; Brabb 1984; Varnes 1984), si sono sempre più affinati, condivisi e standardizzati a livello della comunità scientifica internazionale (e.g., Carrara et al. 1991, 1995; Guzzetti et al. 1999), vedendo già numerose applicazioni alla scala anche del territorio regionale siciliano, da parte del gruppo SUFRA del Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (già Dipartimento di Geologia e Geodesia) dell'Università degli Studi di Palermo (Cama et al. 2015, 2016, 2017; Conoscenti et al. 2008, 2016; Costanzo et al. 2012, 2012b, 2014; Lombardo et al. 2014, 2015, 2016; Rotigliano et al. 2011, 2012, Martinello et al. 2020).

Elementi consolidati a livello della comunità scientifica internazionale sono ormai: l'utilizzo di metodi statistici (oggettivi e quantitativi) per le scale operative (50.000 – 10.000) e di approcci euristici per scale più piccole destinate alla rappresentazione regionale (al di sotto di 1:100.000); il rinvio agli approcci deterministici (geotecnici), per studi specifici su singoli versanti a pericolosità elevata, individuati dall'analisi statistica, o su versanti soggetti a riattivazione di fenomeni diacronici; la irrinunciabilità di procedure di validazione quantitativa dei modelli e delle carte, secondo tecniche che mettano in evidenza precisione, affidabilità e robustezza delle stime previsionali fornite (e.g., Cama et al., 2015, 2016; Chung & Fabbri, 2003; Conoscenti et al., 2016; Costanzo et al. 2014; Frattini et al. 2010; Guzzetti et al. 2006; Lombardo et al. 2014, 2015, 2016, Rotigliano et al. 2018, 2019, Vargas-Cuervo et al. 2019, Martinello et al. 2020).

La strutturazione del progetto SUFRA su base statistica trova dunque pieno sostegno nelle buone pratiche definite a livello comunitario.

3. ATTIVITÀ DEL PROGETTO

3.1 Strategia del progetto

L'approccio statistico, sul quale poggia la metodologia SUFRA, è basato sull'individuazione di

leggi di correlazione multivariata robuste, che leghino la distribuzione spaziale dei fenomeni franosi pregressi censiti (variabile dipendente) a una serie di caratteristiche fisico-ambientali (variabili indipendenti), preliminarmente ipotizzate come cause predisponenti, responsabili, in associazione con uno o più eventi scatenanti non noti, della loro attivazione. Sulla base del principio che le frane in futuro si attivano sotto le stesse condizioni che ne hanno determinato l'attivazione nel passato, le stesse leggi di correlazione assumono valenza previsionale, corrispondendo alle funzioni di suscettibilità ricercate.

La funzione suscettibilità viene dunque ottimizzata a partire da un archivio di eventi (o inventario di calibrazione) ed un insieme di layer tematici, che descrivono quei fattori fisico-ambientali potenzialmente in grado di controllare il fenomeno gravitativo. Questi fattori di controllo assumono il carattere di variabili indipendenti ed esprimono, direttamente o indirettamente, il ruolo delle cosiddette cause predisponenti o preparatorie dei fenomeni franosi, contribuendo dunque a definire quantitativamente quello scenario di propensione sul quale l'attivarsi di una sollecitazione pluviometrica, sismica o antropica può generare con maggiore o minore probabilità l'innescio di un fenomeno franoso.

In funzione del livello di approfondimento (SUFRA50 o SUFRA10), cambia la tipologia di inventario utilizzato per la calibrazione, il tipo di unità di mappatura sulle quali viene valutata e/o mappata la suscettibilità e il tipo e/o la risoluzione dei layer utilizzati per rappresentare le variabili di controllo dei fenomeni di dissesto. In Tabella 2 si forniscono gli standard operativi di riferimento per la metodologia SUFRA.

	SUFRA 50	SUFRA10
INVENTARIO	PAI	SUFRA
CLASSIFICAZIONE	PRIMO LIVELLO	SECONDO LIVELLO
UNITÀ DI MAPPATURA/ANALISI	CELLA 25m/UNITÀ DI VERSANTE (SLU)	CELLA 10m/UNITÀ DI VERSANTE (LCL SLU)
UNITÀ DI RAPPRESENTAZIONE	UNITÀ DI VERSANTE (SLU)	UNITÀ DI VERSANTE (LCL_SLU)
DEM SORGENTE	25m	2m
METODO	EURISTICO/STATISTICO	STATISTICO

Tab. 2 – Principali standard per la valutazione della suscettibilità con metodologia SUFRA, per i due livelli 50 e 10.

Proprio in relazione al tipo di metodologie utilizzate, dall'analisi saranno esclusi i centri

abitati ovvero i territori urbanizzati, così come delimitati dall'ISTAT nel livello shape file; in queste porzioni di territorio, l'edificazione rende infatti estremamente instabile il modello previsionale.

Alla luce di quanto in premessa, le attività del progetto SUFRA vedranno una logica integrata, non necessariamente temporalmente sequenziale, con realizzazione del livello SUFRA50, per l'intero territorio regionale, e di quello SUFRA10, per una serie di bacini campione, che verranno via via individuati nel dettaglio, anche in funzione dei risultati e delle esigenze di validazione di dettaglio del SUFRA50.

La realizzazione del livello SUFRA10 sui bacini pilota rappresentativi, costituirà dunque una fase di validazione ed eventuale ri-calibrazione del modello regionale SUFRA50. In questo modo, potrà essere anche realizzata una validazione della suscettibilità SUFRA50 su un inventario di dissesti censiti su base sistematica in ambito SUFRA (non PAI). L'affidabilità delle immagini previsionali, ottenute dal SUFRA50 su scala regionale, sarà in questo modo notevolmente incrementata.

3.2 Descrizione attività

Le attività del progetto SUFRA possono essere sintetizzate in tre unità principali:

- SUFRA50
 - Messa a punto della metodologia
 - Realizzazione del livello SUFRA50 per il territorio regionale siciliano;
- SUFRA10
 - Messa a punto della metodologia
 - Realizzazione del livello SUFRA10 per bacini/settori test;
- TRASFERIMENTO E DISSEMINAZIONE
 - Workshop, convegni, seminari, report, pubblicazioni
 - Redazione di linee guida.

La tabella 3 presenta l'elenco completo delle attività del progetto SUFRA, articolate secondo i due livelli di approfondimento e le attività di contesto. Una volta ottenuti i primi risultati, al livello di SUFRA50, le valutazioni a livello SUFRA10 potranno avere avvio, sovrapponendosi temporalmente alle prime.

SUFRA50 <i>(Territorio Regionale)</i>	<i>A₅₀</i>	<i>Layer tematici e pre-processing inventario PAI</i>
	<i>B₅₀</i>	<i>Estrazione unità di mappatura ed aree diagnostiche</i>
	<i>C₅₀</i>	<i>Analisi di suscettibilità e validazione</i>
	<i>D₅₀</i>	<i>Restituzione modelli e cartografia</i>
SUFRA10 <i>(Bacini/settori pilota)</i>	<i>A₁₀</i>	<i>Layer tematici e rilevamento inventario SUFRA</i>
	<i>B₁₀</i>	<i>Estrazione unità di mappatura ed aree diagnostiche</i>
	<i>C₁₀</i>	<i>Analisi di suscettibilità e validazione</i>
	<i>D₁₀</i>	<i>Restituzione modelli e cartografia</i>
TRASFERIMENTO E DISSEMINAZIONE	<i>E</i>	<i>Workshop, convegni, seminari, report, pubblicazioni</i>
	<i>F</i>	<i>Redazione linee guida</i>

Tab. 3 – Elenco delle attività del progetto SUFRA.

3.2.1 SUFRA50

A.50: LAYER TEMATICI E PRE-PROCESSING INVENTARIO PAI

In questa fase vengono acquisiti tutti i dati sorgente necessari per la realizzazione dei modelli di suscettibilità. In particolare, attraverso l'AdB Sicilia, saranno formalmente acquisiti per l'uso finalizzato alle attività del progetto: modelli digitali di terreno, ortofoto, cartografie dell'uso del suolo, layer della litologia affiorante (CARG, piano cave, protezione civile regionale), dati climatici dall'osservatorio delle acque e l'inventario frane PAI aggiornato. I dati verranno acquisiti in formato digitale (vettoriale o raster) o, nel caso in cui non già disponibili, in cartaceo per la successiva scansionatura, georeferenziazione e vettorializzazione. La fase di acquisizione sarà conclusa con un'analisi di congruità e coerenza spaziale e geologico-geomorfologica tra i vari tematismi. Successivamente, a partire dai layer sorgente, verranno costruiti i livelli raster dei fattori di controllo della franosità, utilizzando celle di analisi a 25m. In una prima fase, verranno presi in considerazione tutti i fattori a disposizione, rinviando alla fase di modellazione per l'individuazione del gruppo ristretto, costituito da quelli effettivamente correlati con la franosità.

L'inventario PAI sarà sottoposto a processing per riclassificare in funzione delle tipologie di movimento di cui alla Tabella 4.

L'analisi SUFRA50 procederà a step, articolata per bacini PAI.

B.50: ESTRAZIONE UNITÀ DI MAPPATURA ED AREE DIAGNOSTICHE

Utilizzando i DEM disponibili ed una procedura semi-automatica basata su tool di analisi idro-morfologica, verranno estratte le unità di mappatura di restituzione del modello, corrispondenti alle Unità Idro-Morfologiche (UIM). Queste potranno essere utilizzate anche per l'analisi di suscettibilità.

Per quanto riguarda l'inventario dei dissesti, a partire dall'inventario PAI, si procederà ad una riclassificazione tipologica secondo la classificazione SUFRA di primo livello (Tab. 3), cui seguirà anche una analisi di congruenza e coerenza morfologica dell'inventario stesso. Applicando tecniche di analisi spaziale e morfometrica, saranno poi estratte le aree diagnostiche, necessarie per la calibrazione del modello. L'archivio sarà informatizzato su piattaforma GIS, in modo da poter essere poi utilizzato ed implementato per le fasi successive, utilizzando due layer: uno puntuale, nel quale saranno mappati i punti di quota massima lungo il coronamento (LIP: Landslide Identification Point), uno poligonale, nel quale saranno incluse le aree in frana (scarpata + accumulo), per le frane di versante, le sole scarpate, per le frane di crollo/ribaltamento.

La caratterizzazione in termini di attività sarà condotta accorpando: a) frane attive e quiescenti, per le quali, prescindendo dall'epoca di ultima attivazione, le cause predisponenti e determinanti del fenomeno vengono riconosciute come ancora presenti; b) frane attive consolidate (stabilizzate artificialmente), corrispondenti a frane di tipo a), interessate tuttavia da interventi di sistemazione; c) frane esaurite, laddove per condizioni geomorfologiche generali o cinematiche, il fenomeno risulti non più riattivabile.

	SUFRA 50	SUFRA 10
FRANE DI FRONTE/SCARPATA	CROLLI/RIBALTAMENTI	<i>CROLLI</i> <i>RIBALTAMENTI</i>
FRANE DI VERSANTE	SCORRIMENTI	<i>SC. ROTAZIONALI</i> <i>SC. TRASLATIVI</i>
	COLAMENTI	<i>COLATE DI VERSANTE</i> <i>COLATE LOCALI</i>
FRANE RAPIDE DI VERSANTE E IMPLUVIO	FLUSSI RAPIDI	<i>DEBRIS FLOWS</i> <i>MUD FLOWS</i> <i>ROCK/DEBRIS AVALANCHES</i>
DGPV	ESPANDIMENTI LATERALI	<i>SEMPLICI</i> <i>RIGIDO/DUTTILE</i>
	SAGGING	<i>ROTAZIONALE</i> <i>COMPOSITO</i>

Tab. 4 – Classificazione delle frane SUFRA.

C.50: ANALISI DI SUSCETTIBILITÀ E VALIDAZIONE

Una volta preparata la banca dati GIS necessaria per l'analisi, si procederà alla preparazione dei modelli di suscettibilità. Questi saranno basati su metodologie statistiche (analisi condizionale e regressione logistica), per le tipologie di frana che presenteranno un numero di casi sufficiente a sviluppare un'analisi statistica robusta. Queste tecniche sono largamente utilizzate in letteratura scientifica, e risultano tra le più robuste ed adeguate, anche in studi comparativi. Per le classi non sufficientemente popolate, sarà necessario ricorrere ad approcci euristici o analitici, che saranno concordati dal Gruppo di Lavoro.

In una prima fase preliminare, verrà effettuata una analisi della possibile interazione tra i fattori di controllo, che sarà basata sulla verifica di effetti di multicollinearità tra le variabili indipendenti. La regressione logistica binaria, eventualmente implementata su procedure di tipo MARS (Multi-adaptive regression Splines), costituirà la metodologia di riferimento, nelle modalità applicative di tipo stepwise, per la selezione delle variabili significative. In generale, questa tecnica statistica ottimizza una funzione di correlazione multivariata tra n variabili x indipendenti (i fattori della franosità) ed una variabile dipendente, corrispondente allo stato (stabile/instabile) di ciascuna unità di mappatura (pixel/unità di versante). Per ciascuno dei fattori di controllo, la regressione fornirà una stima del coefficiente β_n di correlazione tra probabilità di condizioni di instabilità dell'unità di mappatura ed il valore assunto dalla variabile x_n , unitamente alla verifica della significatività dello stesso coefficiente.

Una relazione di somma dei prodotti dei coefficienti assegnati alle variabili per il loro valore assunto darà in ciascun pixel la stima della probabilità di riscontrare una condizione di instabilità. Questa corrisponde alla suscettibilità da frana di ciascun pixel.

$$g(\mathbf{x}) = \log \left[\frac{P(\text{frana})}{P(\text{non frana})} \right] = \log \left[\frac{P(\text{frana})}{1-P(\text{frana})} \right] = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n.$$

Da questa relazione è poi possibile ricavare la probabilità (o suscettibilità) di avere una frana all'interno di una unità di mappatura, condizionata alle sue caratteristiche fisico-ambientali, secondo la

$$P(\text{frana}) = \frac{e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n}}{1 + e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n}}.$$

Potranno comunque adottarsi e confrontarsi modellazioni basate anche su tecniche di tipo

presence-only del tipo Maximum Entropy (Lombardo et al., 2016a).

La validazione dei modelli sarà condotta su due livelli. In una prima fase, il modello a pixel ricavato sarà sottoposto a validazione utilizzando tecniche di cross-validazione e bootstrapping. In particolare, l'inventario delle frane sarà suddiviso, applicando selezioni random, in un dataset di calibrazione, che verrà utilizzato nella modellazione per ricavare i coefficienti di regressione e la probabilità (susceptibilità) di ciascun pixel, ed un dataset di validazione, che sarà utilizzato per verificare l'abilità previsionale del modello stesso. Quest'ultimo sarà infatti incognito al modello in fase di calibrazione. La qualità della validazione dei modelli sarà valutata sulla base di confusion matrices, utili a ricavare l'error rate ed altri indicatori di precisione basati su cut-off predefiniti (*sensitivity, specificity, recall* e *precision*), che costruendo i ROC (*Receiver Operating Curve*) plot e ricavando i relativi valori di AUC (Area Under Curve). Inoltre, per valutare la robustezza dei modelli, sarà anche valutata attraverso le repliche la stabilità degli indicatori di performance, così come dei coefficienti di regressione dei fattori di controllo e del loro ranking. In particolare, al fine di verificare la stabilità del modello e la sua precisione, le procedure di suddivisione dell'inventario, di calibrazione e di validazione, saranno ripetute iterativamente n volte (con n tipicamente compreso tra 50 e 100 volte), in modo che ogni volta le frane utilizzate in calibrazione siano diverse. In questo modo sarà possibile ottenere una stima della probabilità/susceptibilità pari alla media degli n valori ottenuti e dell'errore di mappatura, in termini di dispersione degli stessi valori intorno alla media.

Alla validazione del modello SUFRA50 concorrerà poi la verifica della sua capacità previsionale rispetto agli inventari di dissesti censiti in ambito SUFRA10 (vedi sezione successiva). Infatti, su una rete di bacini o settori campione opportunamente distribuiti, verrà verificata la capacità del SUFRA50 di prevedere la distribuzione delle aree stabili ed instabili censite.

Una volta validati i modelli, si procederà a caratterizzare le unità idro-morfologiche in funzione di statistiche zonali della susceptibilità dei pixel contenuti, pervenendo ad una caratterizzazione non più legata ai pixel stessi. Si costruiranno i ROC plot per la validazione della susceptibilità delle unità di mappatura, sui quali si individueranno i cut-off ottimali per la suddivisione dell'intervallo di susceptibilità 0-1, in classi (cut-off centrale e semi cut-off),

utili ad un'integrazione nel PAI.

Le unità idro-morfologiche costituiscono, nella metodologia, lo strumento attraverso il quale la suscettibilità viene spazializzata nell'intorno morfodinamicamente correlato ai punti di innesco.

D.50: RESTITUZIONE MODELLI E INTEGRAZIONE NEL PAI2.50

I modelli di suscettibilità saranno testati facendo riferimento a classi di suscettibilità ottimizzate in termini di performance previsionale. A queste classi, in fase di integrazione nel PAI, sarà necessario assegnare una valenza pianificatoria in termini di PAI (aree di interesse o suscettibili). Sarà la forte interazione tra gruppo SUFRA e Servizio 2 (Assetto del Territorio) dell'Autorità di Bacino a garantire che la cartografia della suscettibilità venga prodotta, utilizzando classi di suscettibilità di diretta interpretazione in termini di norme prescrittive PAI, da integrare con le indicazioni di pericolosità già ad oggi disponibili per le aree già censite.

I tagli cartografici saranno restituiti in formato digitale, utilizzando la suddivisione fogli IGMI al 50.000.

La precisione delle cartografie prodotte, così come dei modelli messi a punto, sarà vincolata alla qualità e completezza dell'attuale inventario PAI, che sarà utilizzato per la calibrazione e la validazione dei modelli, per ciascuna delle tipologie previste. Inoltre, anche la precisione con la quale sono definiti i fattori di controllo potrà influenzare i risultati (ad esempio, la corretta distinzione delle differenti unità litologiche in affioramento ed il posizionamento dei confini che le separano). D'altra parte, proprio attraverso la validazione dei modelli, saranno ricavate le mappe di precisione, in grado di mettere in luce i settori nei quali il deficit di informazione dovesse rendere il modello di suscettibilità meno stabile. Ciò nondimeno, sarà possibile integrare il SUFRA50 con l'attuale PAI, sovrapponendo la pericolosità (derivante dall'inventario PAI realizzato in scala 1:10.000) alla suscettibilità, ricavata da un'analisi al 50.000, pervenendo in questo modo ad un PAI2.50 che ingloberà al suo interno la propensione, corrispondente a siti di interesse o classi di suscettibilità, segnalando dunque potenziali futuri fenomeni franosi.

Alla luce di quanto sopra, la cartografia SUFRA50 costituirà un notevole avanzamento nelle

conoscenze delle condizioni di pericolosità geomorfologica del territorio siciliano, andando a colmare un gap informativo che attualmente condiziona il PAI. Sarà dunque possibile avere una visione della propensione al dissesto, anche in aree attualmente non interessate da fenomeni censiti. Sulla base dello scenario di suscettibilità che emergerà, sarà tra l'altro possibile individuare alla scala regionale la distribuzione delle aree (bacini interi o porzioni di bacini) i cui livelli di suscettibilità, stimati al 50.000, meritino approfondimenti di studio al 10.000, così come previsto a livello comunitario dal protocollo Tier, a livello locale, dall'esperienza SUFRA. È infatti necessario sottolineare come lo strumento pianificatorio potrà eventualmente "agganciarsi" ed "affidarsi" allo scenario di propensione del tipo SUFRA10, come quella già prodotta nel progetto pilota realizzato nel bacino del Fiume Imera settentrionale.

3.2.2 SUFRA10

A.10: LAYER TEMATICI E RILEVAMENTO INVENTARIO SUFRA

Per la realizzazione del SUFRA10, sui bacini campione selezionati dal GdL (vedi paragrafo 5), sarà condotto un rilevamento sistematico delle forme di instabilità gravitativa, utilizzando tecniche di analisi remota e riconoscimento automatico su immagini satellitari, foto aeree e ortofoto, che sarà integrato da verifiche sul terreno su aree spot selezionate in modo sia random che controllato.

La classificazione utilizzata sarà in questo caso quella SUFRA di II livello (Tab. 4). I fenomeni censiti saranno anche convertiti secondo il protocollo PAI e trasformati in termini di pericolosità e rischio, in questo modo costituendo un aggiornamento dello stesso.

Per quanto riguarda i fattori di controllo, a partire dai layer già disponibili, verrà fatta una verifica del corretto posizionamento dei limiti tra i complessi litotecnici individuati, attraverso l'analisi aerofotogrammetrica, per una restituzione al 10.000. Allo stesso modo, l'analisi DEM sarà basata su layer già disponibili, aventi risoluzione metrica e sub-metrica.

B.10: ESTRAZIONE UNITÀ DI MAPPATURA ED AREE DIAGNOSTICHE

In analogia con quanto realizzato al B.50, verranno estratte le unità di mappatura adeguate alla risoluzione dell'analisi, ricorrendo a pixel da 2-10m e unità di versante (LCL_SLU; Martinello et al., 2020) per l'analisi e la spazializzazione della suscettibilità.

Anche le aree diagnostiche saranno ricavate analogamente a quanto fatto per il livello 50 (B.50), ma prevedendo, per le SLU, una verifica manuale dei confini delle stesse.

C.10: ANALISI DI SUSCETTIBILITÀ E VALIDAZIONE

L'analisi di suscettibilità e la validazione dei modelli utilizzerà approcci analoghi a quelli di cui al C.50, fatte salve le differenze di layer tematici, inventari frane, unità di mappatura ed area diagnostica, di cui alla Tabella 2.

D.10: RESTITUZIONE MODELLI E INTEGRAZIONE NEL PAI2.10

I modelli di suscettibilità SUFRA10 saranno restituiti in formato digitale, utilizzando la suddivisione delle sezioni C.T.R. al 10.000.

Le classi di suscettibilità nelle quali sarà suddiviso il territorio regionale corrisponderanno a 4 differenti livelli di propensione sui quali l'AdB Sicilia potrà definire norme attuative e prescrittive. A titolo esemplificativo, ferma restando la possibilità per il GdL SUFRA di calibrare in modo più efficace lo schema proposto, per il progetto pilota del Fiume Imera settentrionale sono state adottate le differenziazioni di seguito descritte.

Le aree prive di alcuna caratterizzazione (per le quali, dunque, il PAI non prevede attualmente alcuna forma di studio, approfondimento o vincolo) saranno riclassificate in:

S0: aree a suscettibilità da bassa a nulla (di fatto, confermate come P0);

S1: aree a suscettibilità medio-bassa (interventi su queste aree sono subordinati alla redazione di una relazione geomorfologica, che includa una carta degli eventuali dissesti in scala 1:10.000);

S2: aree a suscettibilità medio-elevata (interventi su queste aree sono subordinati alla redazione di una relazione geomorfologica, che includa una carta dei dissesti in scala 1:10.000, una carta della pendenza a cella 10m ed una carta geologica in scala 1:10.000; la relazione deve discutere criticamente dei fattori e delle condizioni di propensione al dissesto);

S3: aree a suscettibilità elevata (interventi su queste aree sono subordinati alla redazione di una relazione geomorfologica e geotecnica, che includa una carta dei dissesti in scala 1:10.000, una carta della pendenza a cella 10m ed una carta geologica in scala

1:10.000, unitamente alle verifiche di stabilità sui profili dei versanti interessati; la discussione critica dei fattori e delle condizioni di propensione al dissesto dovrà entrare nel merito della procedura di valutazione SUFRA50, dimostrando, la difformità tra la suscettibilità stimata al 50.000 e le condizioni reali dei versanti interessati, osservati alla scala 1:10.000). In Figura 3 viene mostrato un esempio di cartografia della suscettibilità ottenuto per un settore del bacino del Fiume Imera settentrionale (Martinello et al., 2020).

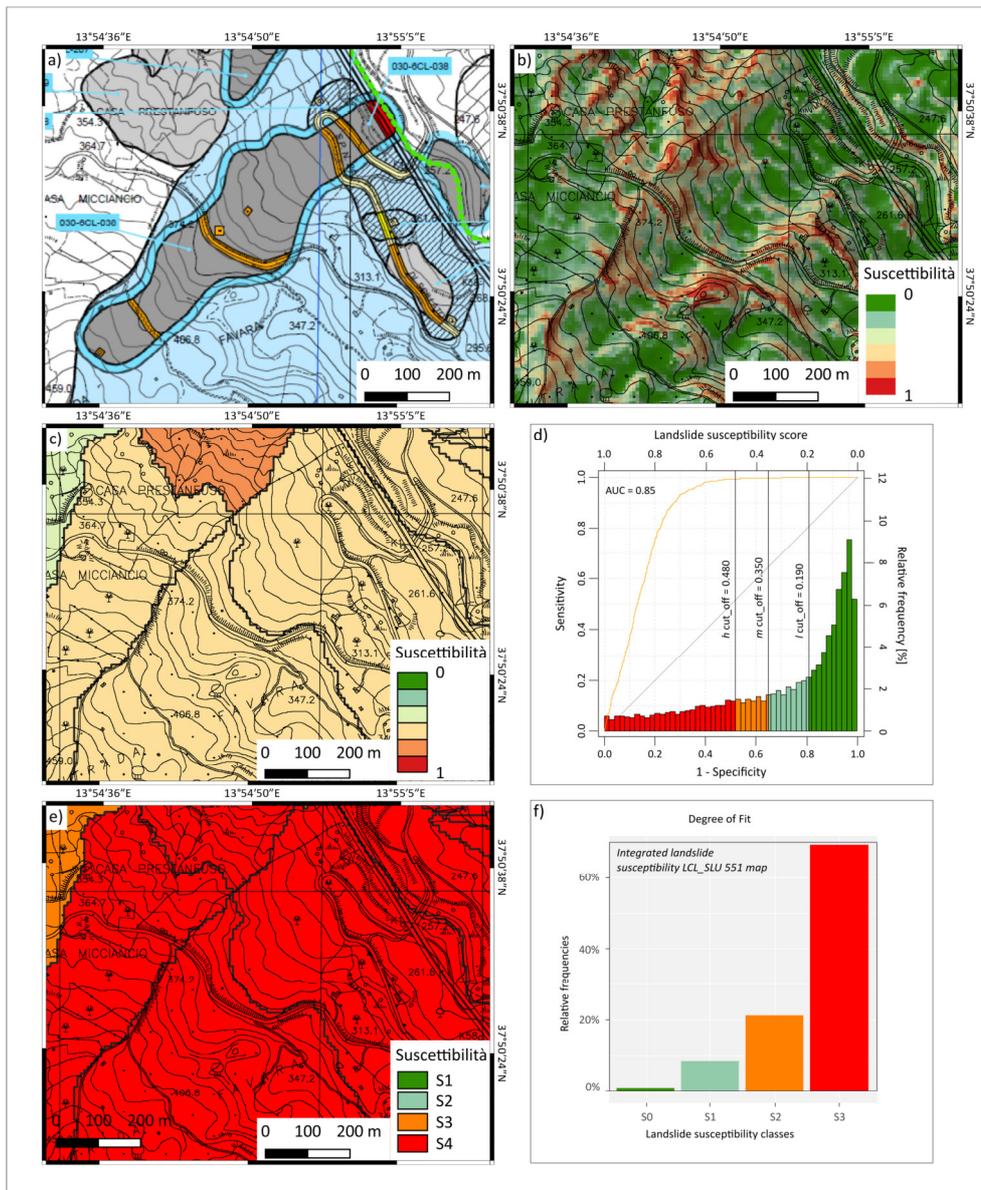


Fig. 3 – Visualizzazione attraverso gli output del protocollo realizzativo SUFRA10 per l'applicazione pilota realizzata nel bacino del Fiume Imera settentrionale: a) attuale rappresentazione nel PAI; b) carta a pixel della suscettibilità da attivazione; c) spazializzazione dentro le unità di versante (SLU) della suscettibilità; d) validazione delle SLU ed individuazione dei cut-off ottimali per la riclassificazione; e) carta della suscettibilità a SLU riclassificate; f) validazione del modello finale.

3.2.3 TRASFERIMENTO E DISSEMINAZIONE

Il progetto SUFRA prevede il trasferimento integrale da parte dell'Università di tutti i dati, dei protocolli metodologici e dei risultati ricavati. Il DISTEM ed il gruppo di ricerca SUFRA potranno d'altra parte utilizzare tutti i dati e i modelli esclusivamente a fini scientifici (tesi di laurea, di laurea magistrale e di dottorato, nonché ricerche e pubblicazioni). Allo stesso tempo, proprio per la natura di frontiera degli studi e delle ricerche che verranno condotte, i risultati territoriali e metodologici prodotti nell'ambito del progetto saranno oggetto di confronto tecnico-scientifico in occasione di seminari, workshop, convegni, pubblicazione di articoli e report. Sul fronte del trasferimento, inoltre, saranno realizzati tre workshop di progetto presso AdB Sicilia aperti a tutti i soggetti (enti regionali e comunali, università, centri di ricerca e mondo delle professioni) a vario titolo coinvolti nelle attività di pianificazione, gestione e prevenzione del dissesto idrogeologico: uno in apertura, di presentazione metodologica; uno a metà progetto, di presentazione del SUFRA50; uno di chiusura, di presentazione finale di tutti i risultati.

4. PRODOTTI

Al termine del progetto SUFRA saranno realizzati i seguenti prodotti.

Per l'intero territorio regionale (con l'esclusione delle aree urbanizzate o centri abitati ISTAT):

- SUFRA50
 - SUFRA50-CTRL: layer dei fattori di controllo della franosità (VECTOR/RASTER);
 - SUFRA50-PIX: per ogni tipologia, carta di suscettibilità, su pixel da 10/25m (Fogli al 50.000 in formato raster e PDF);
 - SUFRA50-UIM: per ogni tipologia, carta della suscettibilità su Unità Idro-Morfologiche (Fogli al 50.000 in formato raster e PDF);
 - PAI2.50: per ogni tipologia, carta della suscettibilità su Unità Idro-Morfologiche integrata con pericolosità da PAI (Fogli al 50.000 in formato raster e PDF);
 - Relazione tecnica SUFRA50 (contenente il protocollo metodologico finale).

- SUFRA 10 Per i bacini/settori test (estensione totale pari a 1200km² o 30 sezioni al 10.000)
 - SUFRA10-INV: inventario dei fenomeni censiti;
 - SUFRA10-CTRL: layer dei fattori di controllo della franosità (VECTOR/RASTER);
 - SUFRA10-PIX: per ogni tipologia, carta di suscettibilità, su pixel da 2/10m (Sezioni al 10.000 in formato raster e PDF);
 - SUFRA10-LCL_SLU: per ogni tipologia, carta della suscettibilità su Unità Idro-Morfologiche (Sezioni al 10.000 in formato raster e PDF);
 - PAI2.10: per ogni tipologia, carta della suscettibilità su Unità Idro-Morfologiche integrata con pericolosità da PAI (Sezioni al 10.000 in formato raster e PDF);
 - Relazione tecnica SUFRA10 (contenente il protocollo metodologico finale).

Tutti i dati e le elaborazioni parziali, nonché i layout dei prodotti tecnici finali (Mappe di suscettibilità e mappe integrate PAI 2) saranno definiti e restituiti in formato digitale (raster/vector/pdf), per la stampa o il download, in modo da rendere immediatamente accessibili ed aggiornabili tutti gli strati informativi (inventario frane, layer dei fattori di controllo, layer della suscettibilità e della pericolosità), così come da parte di tutti gli operatori coinvolti (pubblici e privati). I prodotti potranno infatti essere direttamente caricati sul sistema informativo territoriale regionale (SITR).

5. DOTAZIONE DI PERSONALE E STRUMENTALE

Il progetto SUFRA sarà realizzato da un Gruppo di Lavoro misto (GdL), che si costituirà all'indomani dell'avvio delle attività, con la partecipazione di componenti di AdB Sicilia e del DiSTeM, sulla scorta di quanto già avvenuto in occasione delle precedenti esperienze di attività di collaborazione scientifica. Le ricerche saranno dunque svolte in sinergia tra AdB Sicilia e DiSTeM, dal gruppo di lavoro partecipato dai responsabili dei due Enti.

La strumentazione specifica che sarà messa a disposizione da DISTEM per le attività

comprende:

- strumentazione e rete informatica;
- workstation di calcolo ad alte prestazioni;
- laboratorio SUFRA (Geomorfologia applicata);
- software GIS e di analisi statistica;
- n. 2 mezzi di trasporto 4x4;
- n. 2 plotter;
- software GIS.

I dati che saranno messi a disposizione dall'AdB Sicilia comprendono:

- dati e inventari frane e dissesti
- modelli digitali di terreno
- cartografie tematiche e coperture aerofotogrammetrie di base già disponibili.

6. CRONOPROGRAMMA

I tempi per la realizzazione del progetto SUFRA50 vengono qui fissati in 24 mesi, a partire dalla data di registrazione del decreto di approvazione. Tuttavia, l'organizzazione delle attività, prevede una attività a step di completamento, in modo che già a partire dal terzo bimestre, potranno essere via via valutati i primi bacini (inizialmente in scala 1:50.000), in questo modo verificando all'interno del Gruppo di lavoro tutti gli aspetti connessi con la piena realizzazione del progetto.

		MESE																				
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24									
SUFRA50 <i>(Territorio Regionale)</i>	<i>Layer tematici e pre-processing inventario PAI</i>	<i>A₅₀</i>	X	X	X																	
	<i>Estrazione unità di mappatura ed aree diagnostiche</i>	<i>B₅₀</i>		X	X	X	X															
	<i>Analisi di suscettibilità e validazione</i>	<i>C₅₀</i>			X	X	X	X														
	<i>Restituzione modelli e cartografia</i>	<i>D₅₀</i>					X	X														
SUFRA10 <i>(Bacini/settori pilota)</i>	<i>Layer tematici e rilevamento inventario SUFRA</i>	<i>A₁₀</i>		X	X	X	X	X	X	X												
	<i>Estrazione unità di mappatura ed aree diagnostiche</i>	<i>B₁₀</i>					X	X	X	X												
	<i>Analisi di suscettibilità e validazione</i>	<i>C₁₀</i>								X	X	X	X									
	<i>Restituzione modelli e cartografia</i>	<i>D₁₀</i>														X	X	X				
TRASFERIMENTO E DISSEMINAZIONE	<i>Workshop, convegni, seminari, report, pubblicazioni</i>	<i>E</i>	X						X												X	
	<i>Redazione linee guida</i>	<i>F</i>							X													X

Tab. 5 – Cronoprogramma del progetto SUFRA.

7. COSTI

Per quanto riguarda i costi a carico dell'AdB Sicilia, questi sono costituiti da € 250.000,00 euro per il ristoro delle spese sostenute dal DiStEM per lo svolgimento delle attività in programma a valere sui fondi PAC linea 5.B.6 – A3 (tabelle 6, 7 e 8) e da € 29.960,00 quale valore dell'impegno di risorse umane nel progetto (tabella 9).

Per quanto concerne le spese a valere sui fondi PAC, i costi relativi al personale, sono stati calcolati sulla base delle disposizioni minime riguardanti contratti di ricercatore a tempo determinato di tipo A, di assegnista di ricerca o borse di studio anche per dottorandi (art. 22 e 24 della legge 30 dicembre 2010 n. 240). Infine, per il ricercatore a tempo determinato di tipo A, fissato dall'art. 24 c. 3 lett. A) Legge 240/10 è pari a 4.134 euro/mese persona.

In particolare, per quanto riguarda le posizioni di assegnista, queste prevedono un costo annuo di 26.400,00 al lordo degli oneri a carico dell'assegnista, equivalenti a 2.200 euro/mese. Per quanto riguarda i borsisti, in accordo con quanto previsto dal regolamento per l'assegnazione di borse post-lauream dell'Università degli Studi di Palermo (190/2015), viene prevista una borsa mensile di 1.200 euro. Nel caso di cofinanziamento di borse di dottorato, queste incidono per 1.800 euro mensili.

	COSTO MENSILE	MESI PERSONA	Costo (Euro)
ASSEGNISTI	2200	36	€79.200,00
DOTTORANDI (COFIN)	1800	24	€43.200,00
BORSISTA	1200	48	€57.600,00
TOTALE Personale (borsisti/assegnisti/ricercatori a tempo determinato)			€180.000,00
Altre spese rendicontabili connesse con la realizzazione delle attività del progetto: spese per viaggio/missioni, acquisto/noleggio attrezzature, spese per riunioni, servizi esterni.			€70.000,00
TOTALE (a carico dell'AdB, a valere sulle risorse stanziare dal PAC linea 5b6, per ristoro delle spese effettuate da DISTEM per lo svolgimento delle attività in programma)			€250.000,00

Tab. 6 – Piano finanziario dei costi del progetto.

Nella tabella 6 sono anche contabilizzate le spese da sostenere a fronte di **costi indiretti**,

legati a materiale di consumo, missioni, riunioni scientifiche e di coordinamento, stampe, spese postali, spese di ammortamento/noleggio strumentazione e mezzi, spese legate alla realizzazione dei sopralluoghi, spese per consulenze e servizi esterni.

Nel dettaglio, nelle tabelle 7 e 8 è riportata la valutazione analitica dei costi relativi alle risorse umane da assumere su progetto.

N° Personale esterno	Anno	Qualifica personale	mesi persona/anno										
			A50	B50	C50	D50	A10	B10	C10	D10	E	F	Totale
2	21/22	Assegnista		2	3	1	2	2	5	1	1	1	18
2	21/22	Dottoranda/o		1	1	1	1	1	2	1			8
3	21/22	Borsista	2	4	4	2	3	2	3	1	1	1	23
2	22/23	Assegnista		1	2	1	2	2	6	2	1	1	18
2	22/23	Dottoranda/o	2	2	2	2	2	2	2	2			16
3	22/23	Borsista	2	3	3	3	3	3	3	3	1	1	25
Totale per Attività			A50	B50	C50	D50	A10	B10	C10	D10	E	F	Totale
			6	13	15	10	13	12	21	10	4	4	108

Tab. 7 – Dettaglio mesi per personale esterno specificatamente coinvolto da DISTEM per la realizzazione del progetto.

N° Personale esterno	Anno	Qualifica personale	costi/anno										
			A50	B50	C50	D50	A10	B10	C10	D10	E	F	Totale
2	21/22	Assegnista	0	4400	4400	2200	2200	4400	11000	2200	2200	2200	35200
2	21/22	Dottoranda/o	3600	3600	1800	1800	3600	3600	5400	3600	1800	1800	30600
3	21/22	Borsista	2880	2880	4320	2880	4320	2880	4320	1440	1440	1440	28800
2	22/23	Assegnista	0	2200	2200	2200	2200	4400	13200	4400	2200	2200	35200
2	22/23	Dottoranda/o	3600	3600	3600	3600	3600	3600	5400	3600	1800	1800	34200
3	22/23	Borsista	2880	4320	4320	4320	4320	4320	4320	4320	1440	1440	36000
Totale per Attività			A50	B50	C50	D50	A10	B10	C10	D10	E	F	Totale
			12960	21000	20640	17000	20240	23200	43640	19560	10880	10880	200000

Tab. 8 – Dettaglio costi per personale esterno specificatamente coinvolto da DISTEM per la realizzazione del progetto.

Il numero di unità impiegate per lo stesso profilo professionale potrà variare in relazione alle fasi del progetto, nel caso rimodulando il numero di mesi di borsa, rimanendo dunque invariato l'importo complessivo indicato in tabella relativamente a ciascuna attività. Per quanto riguarda l'impegno di risorse umane interne all'Autorità di Bacino, queste saranno determinate così come da tabella 9.

N. unità personale	Qualifica	Costo orario [€]	Anno	ore/uomo anno					Costo personale				Costo totale personale (euro/anno)
				Fase A50	Fase A10	Fase E	Fase F	Totale	Fase A50	Fase A10	Fase E	Fase F	
1	Dirigente	43,42	21/22	10	30	10	10	60	434	1.303	434	434	2.605
1	Dirigente	43,42	22/23	70	140	30	70	310	3.039	6.079	1.303	3.039	13.460
Totale 2021/2023				80	170	40	80	370	3.474	7.381	1.737	3.474	16.065
1	Funzionario	15,88	21/22	70	150	35	65	320	1.112	2.382	556	1.032	5.082
1	Funzionario	15,88	22/23	140	300	40	75	555	2.223	4.764	635	1.191	8.813
Totale 2021/2023 (Funzionario)				210	450	75	140	875	3.335	7.146	1.191	2.223	13.895
Totale 2021/2023 (Dirigente+Funzionario)				290	620	115	220	1245	6.808	14.527	2.928	5.697	29.960

Tabella 9 – Valutazione costo impegno risorse umane a carico dell’Autorità di Bacino.

Per quanto riguarda l’onere finanziario a carico del DiSTeM (33.000,00 euro) questo deriverà dal seguente impegno di risorse umane interne (tab. 10).

Docente	Qualifica	Ore persona (h)	Costo orario (€/h)	Costi (€)
Prof. V. Agnesi	Professore Ordinario TP - Cl. VI	50	71.45	3572
Prof. E. Rotigliano	Professore Ordinario TP - Cl. 0	250	54.19	13547
Prof. C. Di Maggio	Professore associato TP - Cl. III	95	44.52	4230
Prof. C. Conoscenti	Professore associato TP Cl. I	107	40.41	4324
Dr. G. Madonia	Ricercatore a tempo indeterminato - Cl. III	100	33.63	3363
Dr. C. Cappadonia	Ricercatore a tempo determinato tipologia B	152	26.08	3965
Totale a carico del DISTEM				33000

Tab. 10 – Riepilogo costi personale DISTEM.

Nelle seguenti tabelle 11 e 12 viene dettagliata la distribuzione in termini di ore persona e di costi sulle attività del progetto.

N° unità Personale DISTEM	Qualifica	Anno	ore persona/anno per attività											Costo ora	Costo totale personale DISTEM (€/anno)	Stipendio annuo lordo	% su stipendio lordo annuo		
			A50	B50	C50	D50	A10	B10	C10	D10	E	F	Totale						
1	Professore Ordinario TP - Cl. VI	21/22	6	4	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4	50	71.45	3572 €	122888 €	2.9%
1	Professore Ordinario TP - Cl. VI	22/23													0		0 €		0.0%
Totale			6	4	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4	50		3572 €		
1	Professore Ordinario TP - Cl. 0	21/22	10	10	20	10	10	10	20	20	10	10	10	130	54.19	7044 €	93200 €	7.6%	
1	Professore Ordinario TP - Cl. 0	22/23	5	5	20	10	10	10	20	20	10	10	120	6502 €		7.0%			
Totale			15	15	40	20	20	20	40	40	20	20	250	13547 €					
1	Professore associato TP - Cl. III	21/22	4	4	8	4	4	8	6	4	2	2	46	44.52	2048 €	76577 €	2.7%		
1	Professore associato TP - Cl. III	22/23	4	4	8	4	4	8	6	4	3	4	49		2182 €		2.8%		
Totale			8	8	16	8	8	16	12	8	5	6	95		4230 €				
2	Professore associato TP Cl. I	21/22	4	4	6	8	4	6	6	10	2	2	52	40.41	2101 €	69505 €	3.0%		
2	Professore associato TP Cl. I	22/23	4	4	6	8	4	6	6	10	3	4	55		2223 €		3.2%		
Totale			8	8	12	16	8	12	12	20	5	6	107		4324 €				
1	Ricercatore a tempo indeterminato - Cl. III	21/22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40	33.63	1345 €	57851 €	2.3%		
1	Ricercatore a tempo indeterminato - Cl. III	22/23	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	60		2018 €		3.5%		
Totale			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100		3363 €				
1	Ricercatore a tempo determinato B	21/22	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	75	26.08	1956 €	44864 €	4.4%		
1	Ricercatore a tempo determinato B	22/23	5	5	5	5	5	10	10	10	10	12	77		2008 €		4.5%		
Totale			10	10	10	10	10	20	20	20	20	22	152		3965 €				
Totale per Attività			A50	B50	C50	D50	A10	B10	C10	D10	E	F	Totale		TOTALE		€ 33000		
			47	45	86	62	50	72	88	92	54	58	654						

Tab. 11 – Dettaglio ore persona per il personale DISTEM coinvolto nel progetto.

N° unità Personale e DISTEM	Qualifica	Anno	ore persona/anno per attività										
			A50	B50	C50	D50	A10	B10	C10	D10	E	F	Totale
1	Professore Ordinario TP - Cl. VI	21/22	429 €	286 €	572 €	572 €	286 €	286 €	286 €	286 €	286 €	286 €	3572 €
1	Professore Ordinario TP - Cl. VI	22/23	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Totale			429 €	286 €	572 €	572 €	286 €	286 €	286 €	286 €	286 €	286 €	3572 €
1	Professore Ordinario TP - Cl. 0	21/22	542 €	542 €	1084 €	542 €	542 €	542 €	1084 €	1084 €	542 €	542 €	7044 €
1	Professore Ordinario TP - Cl. 0	22/23	271 €	271 €	1084 €	542 €	542 €	542 €	1084 €	1084 €	542 €	542 €	6502 €
Totale			813 €	813 €	2167 €	1084 €	1084 €	1084 €	2167 €	2167 €	1084 €	1084 €	13547 €
1	Professore associato TP - Cl. III	21/22	178 €	178 €	356 €	178 €	178 €	356 €	267 €	178 €	89 €	89 €	2048 €
1	Professore associato TP - Cl. III	22/23	178 €	178 €	356 €	178 €	178 €	356 €	267 €	178 €	134 €	178 €	2182 €
Totale			356 €	356 €	712 €	356 €	356 €	712 €	534 €	356 €	223 €	267 €	4230 €
2	Professore associato TP Cl. I	21/22	162 €	162 €	242 €	323 €	162 €	242 €	242 €	404 €	81 €	81 €	2101 €
2	Professore associato TP Cl. I	22/23	162 €	162 €	242 €	323 €	162 €	242 €	242 €	404 €	121 €	162 €	2223 €
Totale			323 €	323 €	485 €	647 €	323 €	485 €	485 €	808 €	202 €	242 €	4324 €
1	Ricercatore a tempo indeterminato - Cl. III	21/22	135 €	135 €	135 €	135 €	135 €	135 €	135 €	135 €	135 €	135 €	1345 €
1	Ricercatore a tempo indeterminato - Cl. III	22/23	202 €	202 €	202 €	202 €	202 €	202 €	202 €	202 €	202 €	202 €	2018 €
Totale			336 €	336 €	336 €	336 €	336 €	336 €	336 €	336 €	336 €	336 €	3363 €
1	Ricercatore a tempo determinato B	21/22	130 €	130 €	130 €	130 €	130 €	261 €	261 €	261 €	261 €	261 €	1956 €
1	Ricercatore a tempo determinato B	22/23	130 €	130 €	130 €	130 €	130 €	261 €	261 €	261 €	261 €	313 €	2008 €
Totale			261 €	261 €	261 €	261 €	261 €	522 €	522 €	522 €	522 €	574 €	3965 €
Totale per Attività			€ 2182	€ 2039	€ 4197	€ 2919	€ 2310	€ 3088	€ 3994	€ 4139	€ 2316	€ 2453	€ 33000

Tab. 12 – Dettaglio costo persona per il personale DISTEM coinvolto per la realizzazione del progetto.

11. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Agnesi, V., Angileri, S.E., Arnone, G., Calì, M., Calvi, F., Cama, M., et al. (2012a). A multi-scale regional landslide susceptibility assessment approach: the SUFRA_SICILIA (SUscettibilità da FRAna in Sicilia) project. In, 7th European Congress on REgional GEOscientific Cartography and Information Systems (EUREGEO) Proceedings. BOLOGNA : Servizio Geologico Sismico e dei Suoli of Regione Emilia-Romagna.

Agnesi, V., Angileri, S.E., Arnone, G., Calì, M., Calvi, F., Cama, M., et al. (2012b). Un approccio multi-scala per la valutazione della suscettibilità da frana a livello regionale: il progetto SUFRA (SUscettibilità da FRAna) in Sicilia. In IV Convegno Nazionale AIGeo “La geomorfologia del nuovo millennio tra cambiamenti climatici, velocità dei processi ed eventi estremi”, Volume degli abstract. PALERMO : Associazione Italiana di Geologia Applicata e Ambientale (AIGA).

Brabb, E.E., 1984. Innovative approaches to landslide hazard mapping. Proceedings of the IV International Symposium of Landslides. Canadian Geotechnical Society, Toronto, Canada, pp. 307–324. vol. 1.

Cama, M., Lombardo, L., Conoscenti, C., Agnesi, V., Rotigliano, E. (2015) Predicting storm-triggered debris flow events: application to the 2009 Ionian Peloritan disaster (Sicily, Italy). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 1785–1806; doi:10.5194/nhess-15-1785-2015.

Cama M., Conoscenti C., Lombardo L., Rotigliano E. (2016). Exploring relationships between grid cell size and accuracy for debris-flow susceptibility models: a test in the Giampileri catchment (Sicily, Italy). *Environmental Earth Sciences*, vol. 75, ISSN: 1866-6280, doi: 10.1007/s12665-015-5047-6

Cama, M., Lombardo, L., Conoscenti, C., Rotigliano, E. (2017) - Improving transferability strategies for debris flow susceptibility assessment. Application to the Saponara and Itala catchments (Messina, Italy). *Geomorphology*: 288, 52-65

Carrara, A., 1988. Multivariate models for landslide hazard evaluation. A “Black Box” Approach. Workshop on Natural Disasters in European Mediterranean Countries. CNR-US NFS, Perugia, Italy, pp. 205–224.

Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V., Reichenbach, P. (1991) GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. *Earth Surf Process Landforms* 16:427–445

Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F. (1995) GIS technology in mapping landslide hazard. In: Carrara A, Guzzetti F (eds) *Geographical information systems in assessing natural hazards*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, pp 135–175

Chung CJ, Fabbri AG (2003) Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. *Natural Hazards* 30(3):451–472.

Conoscenti C, Di Maggio C, Rotigliano E (2008). Gis-analysis to assess landslide susceptibility in a fluvial basin of NW Sicily (Italy). *Geomorphology*, vol. 94, p. 325-339.

Conoscenti C, Ciaccio M, Caraballo-Arias N, Gómez-Gutiérrez Á, Rotigliano E, Agnesi V (2015). Assessment of susceptibility to earth-flow landslide using logistic regression and multivariate adaptive regression splines: A case of the Belice River basin (western Sicily, Italy). *Geomorphology*,

vol. 242, p. 49-64, ISSN: 0169-555X, doi: 10.1016/j.geomorph.2014.09.020

Costanzo D, Chacón J, Conoscenti C, Irigaray C, Rotigliano E (2014). Forward logistic regression for earth-flow landslide susceptibility assessment in the Platani river basin (southern Sicily, Italy). *Landslides*, vol. 11, p. 639-653.

Costanzo D, Cappadonia C, Conoscenti C, Rotigliano E (2012). Exporting a Google Earth™ aided earth flow susceptibility model: a test in central Sicily. *Natural Hazards*, vol. 61, p. 103-114.

Costanzo D, Rotigliano E, Irigaray C, Jiménez-Perálvarez JD, Chacón J (2012). Factors selection in landslide susceptibility modelling on large scale following the GIS matrix method: application to the river Beiro basin (Spain). *Natural Hazards And Earth System Sciences*, vol. 12, p. 327-340.

Frattini, P., Crosta, G., Carrara, A. (2010) Techniques for evaluating the performance of landslide susceptibility models. *Engineering Geology*, 111: 62-72.

Guzzetti F, Carrara A, Cardinali M, Reichenbach P (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31:181–216

Guzzetti F, Reichenbach P, Ardizzone F, Cardinali M, Galli M (2006) Estimating the quality of landslide susceptibility models. *Geomorphology* 81(1–2):166–184
Frattini P, Crosta G, Carrara A (2010) Techniques for evaluating the performance of landslide susceptibility models. *Eng Geol* 111(1–4):62–72.

Lombardo L, Cama M, Märker M, Rotigliano E (2014). A test of transferability for landslides susceptibility models under extreme climatic events: application to the Messina (Italy) disaster 2009. *Natural Hazards*, 74, 1951-1989.

Lombardo L., Cama M., Conoscenti C., Märker M., Rotigliano E. (2015). Binary logistic regression versus stochastic gradient boosted decision trees in assessing landslide susceptibility for multiple-occurring landslide events: application to the 2009 storm event in Messina (Sicily, southern Italy). *Natural Hazards*, vol. 79, p. 1621-1648, ISSN: 0921-030X, doi: 10.1007/s11069-015-1915-3

Lombardo L., Bachofer F., Cama M., Märker M., Rotigliano E. (2016). Exploiting Maximum Entropy method and ASTER data for assessing debris flow and debris slide susceptibility for the Giampilieri catchment (north-eastern Sicily, Italy). *Earth surface processes and landforms*, vol. 41, p. 1776-1789, ISSN: 0197-9337, doi: 10.1002/esp.3998

Martinello, C., Cappadonia, C., Conoscenti, C., Agnesi, V., Rotigliano, E., 2020. Optimal slope units partitioning in landslide susceptibility mapping. *J. Maps* 0, 1–11. doi:10.1080/17445647.2020.1805807

Rotigliano E, Agnesi V, Cappadonia C, Conoscenti C (2011). The role of the diagnostic areas in the assessment of landslide susceptibility models: a test in the sicilian chain. *Natural Hazards*, vol. 58, p. 981-999.

Rotigliano E, Cappadonia C, Conoscenti C, Costanzo D, Agnesi V (2012). Slope units-based flow susceptibility model: using validation tests to select controlling factors. *Natural Hazards*, vol. 61, p. 143-153.

Rotigliano, E., Agnesi, V., Angileri, S.E., Arnone, G., Calì, M., Calvi, F., et al. (2013). Multi-scale regional landslide susceptibility assessment in Sicily (Italy): The Sufra Sicilia Project. In 8th International conference on Geomorphology, Paris, Abstracts volume.

Rotigliano, E., Martinello, C., Agnesi, V., Conoscenti, C., 2018. Evaluation of debris flow susceptibility in El Salvador (CA): a comparison between Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) and Binary Logistic Regression (BLR). *Hungarian Geogr. Bull.* 67, 361–373. doi:10.15201/hungeobull.67.4.5

Rotigliano, E., Martinello, C., Hernández, M.A., Agnesi, V., Conoscenti, C., 2019. Predicting the landslides triggered by the 2009 96E/Ida tropical storms in the Ilopango caldera area (El Salvador, CA): optimizing MARS-based model building and validation strategies. *Environ. Earth Sci.* 78. doi:10.1007/s12665-019-8214-3

Vargas-Cuervo, G., Rotigliano, E., Conoscenti, C., 2019. Prediction of debris-avalanches and -flows triggered by a tropical storm by using a stochastic approach: An application to the events occurred in Mocoa (Colombia) on 1 April 2017. *Geomorphology* 339, 31–43. doi:10.1016/j.geomorph.2019.04.023

Varnes, D.J., 1984. IAEG Commission on Landslides and Other Mass- Movements. *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*. UNESCO Press, Paris, p. 176.