

**L. PARRELLA, S. SCHIAVO, C. CROVATO,
J. RIMAURO, S. ACCARDO, A. SALLUZZO,
L. DE ROSA, C. TEBANO*, S. MANZO**

Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al
cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Divisione Protezione e valorizzazione del
territorio e del capitale naturale

*Divisione Modelli e tecnologie per la riduzione
degli impattiantropici e dei rischi naturali
Centro Ricerche Portici

**S. CHIAVARINI, M.R. MONTEREALI,
L. CAIAZZO, M. PEZZA, M. DE CASSAN,
R. CAPRIOLI, M. PROPOSITO, F. SPAZIANI,
G. ARMIENTO**

Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al
cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Divisione Protezione e valorizzazione del
territorio e del capitale naturale
Centro Ricerche Casaccia

MONITORAGGIO E ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO

Misura 1.44: Innovazione, sviluppo e sostenibilità
nel settore della pesca professionale campana
Progetto ISSPA - "Innovazione, Sviluppo e Sostenibilità
nel settore della Pesca e dell'Acquacoltura
per la Regione Campania"

RT/2024/16/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

L. PARRELLA, S. SCHIAVO, C. CROVATO,
J. RIMAURO, S. ACCARDO, A. SALLUZZO,
L. DE ROSA, C. TEBANO*, S. MANZO

Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al
cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Divisione Protezione e valorizzazione del
territorio e del capitale naturale

*Divisione Modelli e tecnologie per la riduzione
degli impattianthropici e dei rischi naturali
Centro Ricerche Portici

S. CHIAVARINI, M.R. MONTEREALI,
L. CAIAZZO, M. PEZZA, M. DE CASSAN,
R. CAPRIOLI, M. PROPOSITO, F. SPAZIANI,
G. ARMIENTO

Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al
cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Divisione Protezione e valorizzazione del
territorio e del capitale naturale
Centro Ricerche Casaccia

MONITORAGGIO E ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO

Misura 1.44: Innovazione, sviluppo e sostenibilità
nel settore della pesca professionale campana
Progetto ISSPA - "Innovazione, Sviluppo e Sostenibilità
nel settore della Pesca e dell'Acquacoltura
per la Regione Campania"

RT/2024/16/ENEA

ENEA

AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina www.enea.it

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

MONITORAGGIO E ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO

Misura 1.44: Innovazione, sviluppo e sostenibilità nel settore della pesca professionale campana. Progetto ISSPA - "Innovazione, Sviluppo e Sostenibilità nel settore della Pesca e dell'Acquacoltura per la Regione Campania"

L. Parrella, S. Schiavo, S. Accardo, C. Crovato, M. R. Montereali, S. Chiavarini, L. Caiazza, M. Pezza, J. Rimauro, A. Salluzzo, M. De Cassan, R. Caprioli, M. Proposito, F. Spaziani, L. De Rosa, C. Tebano, G. Armiento, S. Manzo

Riassunto

Nel triennio 2020-2023, nell'ambito del progetto ISSPA (Innovazione, Sviluppo e Sostenibilità nel settore della Pesca e dell'Acquacoltura per la Regione Campania) è stato eseguito uno studio volto alla valorizzazione della pesca professionale nel territorio campano. Le attività svolte dal dipartimento SSPT (Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali) dell'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) sono state condotte in collaborazione con l'ARPAC (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania) con l'obiettivo di quantificare e mappare i potenziali rischi ecologici ed ecotossicologici derivanti dall'esposizione degli organismi acquatici a stressori chimici presenti nelle acque e nei sedimenti dei sistemi lotici e lentici della regione.

A tale scopo sono stati individuati e caratterizzati 50 siti di interesse, rappresentativi dei corpi idrici campani di maggior pregio faunistico ed ecologico. Le concentrazioni dei principali contaminati inorganici (elementi potenzialmente tossici, PTEs) e organici, (idrocarburi di origine petrolifera e composti fenolici) sono state analizzate nei campioni di acqua e sedimento. Inoltre, è stata condotta una valutazione degli effetti ecotossicologici e, per il sedimento, è stata eseguita anche la caratterizzazione granulometrica.

I risultati ottenuti mostrano che i livelli di rischio nelle aree monitorate dei corpi idrici della regione Campania non sono preoccupanti, rendendo tali siti compatibili con le attività di pesca e acquacoltura. Tuttavia, alcune evidenze di effetti legati alla contaminazione chimica hanno rivelato la necessità di approfondire ulteriormente lo studio sul comportamento dei contaminanti in miscela e sulle loro interazioni con l'ambiente al fine di valutare correttamente i potenziali impatti sugli ecosistemi.

Parole chiave: contaminazione chimica, elementi potenzialmente tossici, idrocarburi di origine petrolifera, composti fenolici, analisi di rischio ecologico, valutazione ecotossicologica, laghi, corsi d'acqua, Regione Campania (Italia).

Abstract

From 2020 to 2023, within the scope of the ISSPA project (Innovation, Development, and Sustainability in the Fisheries and Aquaculture Sector for the Campania region), a study to improve the professional fishing sector of the Campania region was conducted. SSPT department (Sustainability, Circularity and Adaptation to Climate Change of Production and Territorial Systems Department) of ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development) carried out activities in collaboration with ARPAC (Regional Agency for Environmental Protection of Campania), to assess potential ecological and ecotoxicological risks associated with the exposure of aquatic organisms to chemical stressors in the waters and sediments of the region's lotic and lentic systems. As part of this study, 50 sites of interest were identified and characterized to represent Campania's water bodies with the greatest faunal and ecological value. Water and sediment samples from these sites were analyzed for concentrations of main inorganic (PTEs - Potentially toxic elements) and organic (petroleum hydrocarbons and phenolic compounds) contaminants. Additionally, an assessment of ecotoxicological effects and particle size characterization were conducted for the sediment samples. The findings indicate that risk levels in the monitored water bodies of the Campania region are not significant, allowing these sites to be compatible with fishing and aquaculture activities. However, some evidence of effects related to chemical contamination of environmental matrices has underscored the need for further investigations concerning the behavior of contaminant mixtures and their interactions with the environment to assess accurately potential impacts on ecosystems.

Keywords: chemical contamination, potentially toxic elements, petroleum hydrocarbons, phenolic compounds, ecological risk assessment, ecotoxicological assessment, lakes, rivers, Campania Region (Italy).

INDICE

1. INTRODUZIONE		
1.1	La regione Campania: Inquadramento territoriale e produttivo	7
1.2	Inquadramento geologico	8
1.3	Il progetto ISSPA: Obiettivi e coinvolgimento ENEA	8
2. MATERIALI E METODI		9
2.1	Piano di campionamento	9
2.2	Metodi analitici per le analisi dei campioni di acqua	12
2.2.1	Determinazione dei metalli	12
2.2.2	Determinazione degli idrocarburi di origine petrolifera	12
2.2.3	Determinazione dei composti fenolici	12
2.3	Metodi analitici per le analisi dei campioni di sedimento	13
2.3.1	Preparazione campioni e analisi granulometriche	13
2.3.2	Determinazione dei metalli	13
2.3.3	Determinazione degli idrocarburi di origine petrolifera	13
2.4	Analisi dello stato ecotossicologico	14
2.5	Analisi di rischio ecologico	14
3. RISULTATI E DISCUSSIONE		15
3.1	Analisi dei campioni di acqua	15
3.2	Analisi dei campioni di sedimento	16
3.3	Analisi ecotossicologiche	21
3.4	Elaborazioni statistiche	23
3.5	Analisi di rischio ecologico	26
4. CONCLUSIONI		30
5. BIBLIOGRAFIA		32

1. INTRODUZIONE

1.1 La regione Campania: Inquadramento territoriale e produttivo

La regione Campania offre una straordinaria varietà paesaggistica, caratterizzata da aree costiere, collinari e montuose. Questa diversità si riflette anche nelle numerose attività produttive presenti sul territorio. L'agricoltura occupa un posto di rilievo grazie alla fertilità del suolo e al clima mediterraneo, particolarmente adatto alla coltivazione di viti e olive, tra i prodotti più rappresentativi. Il settore industriale campano è diversificato, includendo comparti come quello alimentare, chimico, tessile, metalmeccanico, della ceramica e della lavorazione del legno. Le infrastrutture portuali della regione facilitano gli scambi commerciali e la logistica. Inoltre, il turismo rappresenta un'attività ad alto valore aggiunto, sostenuto da un ricco patrimonio storico, artistico, culturale e naturalistico. La Campania vanta numerosi siti archeologici come Paestum, Pompei ed Ercolano, splendide località costiere come Amalfi, Positano e Capri, e dell'entroterra come Montesarchio e le Grotte di Castelcivita. A questi si aggiungono affascinanti parchi nazionali (Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, Parco Nazionale del Vesuvio), parchi regionali (Parco Regionale dei Monti Piacentini, Parco Regionale del Matese) e aree naturali protette come la riserva naturale della Foce del Sele e del Volturno e il lago di Conza.

Non va trascurato il settore della pesca e dell'acquacoltura, in Campania la pesca costiera è prevalentemente artigianale, e l'acquacoltura si concentra principalmente sull'allevamento di mitili in ambienti marini, mentre le acque dolci interne sono sfruttate in modo marginale. Gli ecosistemi di acqua dolce della Campania rappresentano un patrimonio di grande valore economico e sociale per la varietà di habitat e la ricchezza di specie ittiche, come *Ictalurus melas*, *Squalius squalus*, *Gobio gobio*, *Scardinius hesperidicus*, *Barbus sanniticus*, *Salmo ghigii*, *Lampreta planeri* e *Cyprinus carpio*. Questi ambienti offrono una gamma di servizi ecosistemici, tra cui la conservazione della biodiversità, la fruibilità dell'acqua, la riduzione del rischio idrogeologico, la mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici e opportunità ricreative e educative. La pesca professionale, sportiva e l'acquacoltura possono rappresentare un'importante opportunità economica e culturale, per la valorizzazione della risorsa ittica e la conservazione dei sistemi naturali. L'acquacoltura, in particolare, potrebbe giocare un ruolo strategico nel favorire l'occupazione, incentivare il turismo, garantire una fonte di cibo sostenibile e contribuire al recupero e ripopolamento di specie ittiche autoctone.

Tuttavia, i benefici economici e sociali di questi ecosistemi sono minacciati dalle pressioni e dagli impatti delle attività antropiche. Il degrado ambientale e la mancanza di una corretta pianificazione per la conservazione della fauna ittica e degli habitat sono tra le principali cause della perdita di biodiversità. Secondo il monitoraggio dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania (ARPAC), il reticolo idrografico regionale è pesantemente influenzato da fonti di inquinamento puntuali come scarichi civili non depurati e insediamenti produttivi, oltre che da inquinamento diffuso da nutrienti e pesticidi provenienti da attività agricole e zootecniche. Nel 2022, ARPAC ha classificato circa il 40% dei tratti fluviali monitorati come non conformi alle condizioni idonee alla vita dei pesci. Per una pianificazione efficace degli interventi di tutela e valorizzazione delle aree idonee alla pesca e all'acquacoltura, è pertanto essenziale definire la distribuzione degli impatti e la valutazione dei rischi ecologici ed ecotossicologici.

1.2 Inquadramento geologico

La geologia della regione Campania è caratterizzata da una complessa struttura, che comprende le principali caratteristiche dell'Appennino meridionale (Patacca e Scandone, 2007). Il territorio è costituito da superfici collinari e montuose con vergenza appenninica, formate da falde mioceniche originatisi in seguito a fasi tettoniche compressive.

Durante la subduzione della crosta oceanica, diverse unità paleogeografiche furono separate, deformate in pieghe e sovrascorrimenti, e successivamente dislocate verso nord-est, sovrapponendosi alla piattaforma carbonatica apula. Nel Miocene, queste strutture furono ricoperte da unità turbiditiche. Nel Quaternario, i processi tettonici sul versante occidentale della catena appenninica provocarono fagliature, portando allo sviluppo di un vulcanismo di retroarco. Questo iniziò con il vulcano di Roccamonfina (700.000 anni fa), seguito dall'isola di Ischia (150.000 anni fa), dai Campi Flegrei (60.000 anni fa) e dal vulcano Somma-Vesuvio (25.000 anni fa). Durante questo periodo, le grandi depressioni strutturali sul margine tirrenico furono colmate da depositi alluvionali e vulcanici, formando le attuali Piana campana e Piana del Sele (Cicchella et al., 2023).

Dal punto di vista stratigrafico, la Campania presenta unità sedimentarie mesozoiche (calcari, dolomie, scisti silicei e sedimenti terrigeni), unità neogeniche (sedimenti silicoclastici, carbonatici ed evaporitici), sedimenti quaternari e rocce vulcaniche. Queste coprono un arco temporale dal Triassico all'epoca recente, rappresentando uno stadio evolutivo di un originario magmatismo alcalino. I prodotti del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei appartengono alla Provincia Campania-Stromboli, formata da strato-vulcani con rocce della serie calcalcalina potassica shoshonitica (dal trachibasalto alle trachiti) e ultrapotassica (fonoliti leucititiche e tefriti) (Cicchella et al., 2023).

L'idrografia della Campania è caratterizzata da una varietà di morfotipi fluviali. Nel distretto montuoso, dominato dalla dorsale appenninica e dagli altipiani interni, i corsi d'acqua hanno un regime torrentizio. Nel distretto collinare, reso discontinuo dagli edifici vulcanici, i corsi d'acqua presentano un andamento meandriforme. A causa dell'orografia e della variabilità delle condizioni termometriche e pluviometriche, l'idrografia campana è caratterizzata da pochi bacini idrografici estesi e numerosi bacini di modesta dimensione (ARPAC, 2009).

1.3 Il progetto ISSPA: Obiettivi e coinvolgimento ENEA

Il progetto multimisura ISSPA "Innovazione, Sviluppo e Sostenibilità nel Settore della Pesca e dell'Acquacoltura per la regione Campania" è stato finanziato dal Fondo Europeo per gli Affari Marittimi e la Pesca in Campania (PO FEAMP 2019-2022). Ha coinvolto otto partner, tra cui Enti di Ricerca (Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Mezzogiorno - IZSM; Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile - ENEA; Stazione Zoologica Anton Dohrn - SZN; Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV; Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR) e Università (Università degli Studi del Sannio; Università degli Studi di Napoli Federico II; Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"; Università degli Studi di Napoli Suor Orsola Benincasa), tutti impegnati in molteplici attività sugli ecosistemi acquatici della Campania. L'obiettivo del progetto era fornire all'Assessorato Agricoltura della Regione Campania supporto per la transizione dall'attuale modello di gestione dei processi produttivi legati alle attività di pesca e acquacoltura verso un nuovo modello di sviluppo economico sostenibile, in linea con la strategia europea di lungo periodo sulla Blue Growth. In particolare, il dipartimento di sostenibilità SSPT (Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali) dell'ENEA si

è occupato della caratterizzazione della contaminazione chimica (elementi potenzialmente tossici, PTEs, e contaminanti organici) delle matrici acqua e sedimento dei corpi idrici. Ha inoltre valutato i potenziali impatti (stato ecotossicologico e rischio ecologico) associati all'esposizione a stressori chimici. Per l'analisi sono state utilizzate metodologie consolidate per la valutazione del rischio ecologico, integrandole con studi di caratterizzazione ecotossicologica. I risultati hanno portato alla produzione di una mappatura della distribuzione dei contaminanti chimici e degli impatti correlati sui corpi idrici esaminati. Questi dati rappresentano un utile supporto per la gestione delle risorse dulciacquicole e per l'identificazione e pianificazione delle migliori misure di ripristino e prevenzione sul territorio.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Piano di campionamento

L'individuazione dei siti di campionamento è avvenuta in collaborazione con IZSM, ARPAC e UNISANNIO. Ove possibile, le stazioni di campionamento sono state fatte coincidere con quelle previste dal Piano di Monitoraggio di ARPAC (Qualità chimico-fisica delle acque 2015-2017), tenendo conto del carattere di perennità/temporaneità dei corsi d'acqua, dell'accessibilità del sito, dell'esistenza di substrati e delle condizioni ecologiche generali idonee allo sviluppo di comunità biologiche. Inoltre, si è tenuto conto del Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania, che identifica i corpi idrici richiedenti protezione e miglioramento per essere idonei alla vita dei pesci, e delle segnalazioni effettuate dalla Federazione Italiana Pesca Sportiva e Attività Subacquee (FIPSAS). La selezione effettuata ha permesso di individuare una rete di monitoraggio di 50 punti (Tabella 1) rappresentativi dei tratti fluviali di maggior pregio della Regione Campania sotto l'aspetto faunistico ed ecologico. In Figura 1 è riportata la distribuzione dei punti selezionati che comprendono punti di prelievo di acque salmonicole (cioè, popolate in prevalenza da pesci appartenenti alla famiglia dei salmonidi, come la trota o il salmerino) e ciprinicole (cioè, popolate in prevalenza da pesci appartenenti alla famiglia dei ciprinidi, come i lucci o le anguille). Le attività di campionamento sono state effettuate dall'ARPAC ed eseguite da Novembre 2020 a Settembre 2021 con frequenza trimestrale per la matrice acqua, e frequenza annuale per la matrice sedimento (primavera 2021).

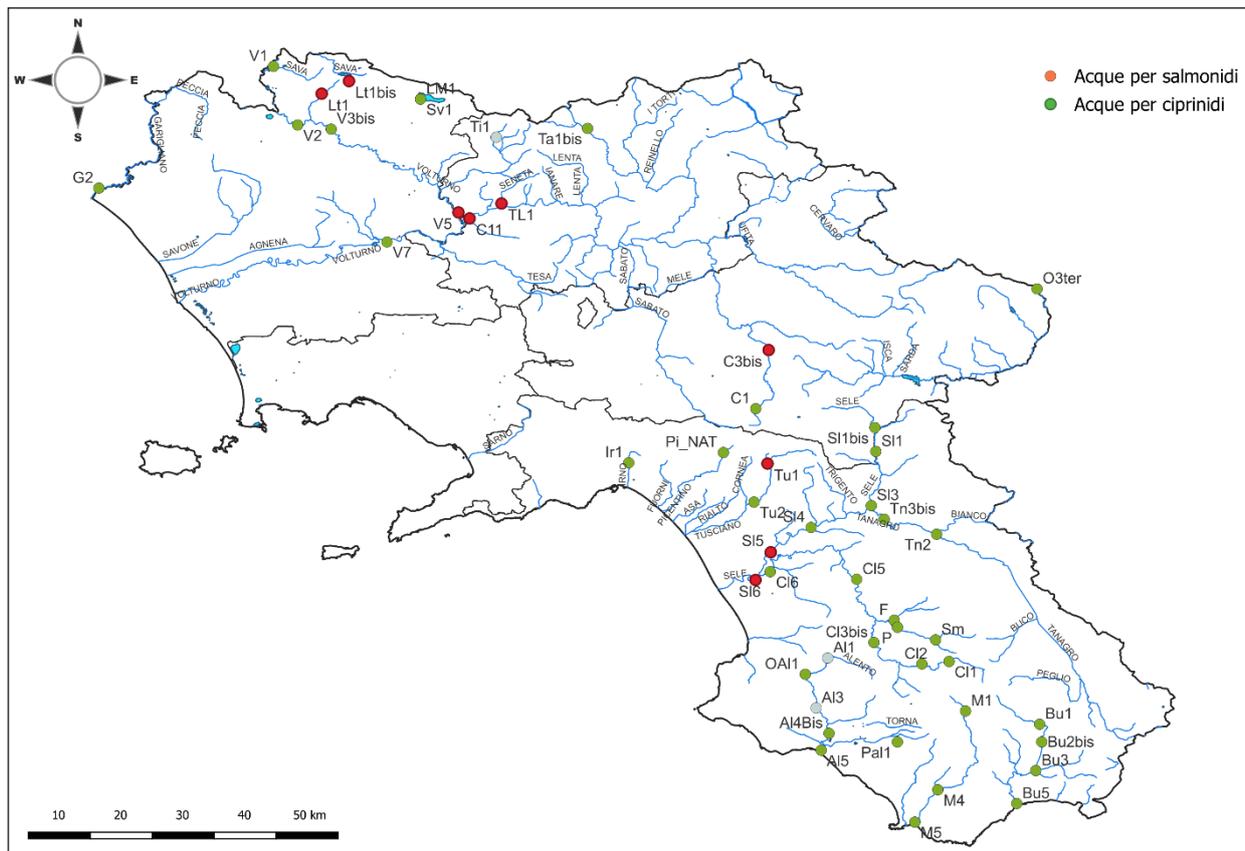


Figura 1: Siti di campionamento nei corpi idrici della Regione Campania, progetto multimisura ISSPA (PO FEAMP 2019-2022).

Tabella 1: Stazioni di monitoraggio identificate per i corpi idrici della Regione Campania nell'ambito del progetto multimisura ISSPA (PO FEAMP 2019-2022). In rosso le stazioni di acque salmonicole e in verde ciprinicole.

Corpi Idrici	Provincia	Comune	Codice stazione	Lat N	Long E
F. Alento	SA	Monteforte Cilento	<i>Al1</i>	40.349392	15.167129
		Prignano Cilento	<i>OAL1</i>	40.317717	15.108692
		Omignano Scalo	<i>Al3</i>	40.253156	15.129359
		Casal velino	<i>Al4bis</i>	40.205069	15.153759
		Casal velino	<i>Al5</i>	40.172789	15.138960
F. Bussento	SA	Sanza	<i>Bu1</i>	40.224171	15.548597
		Caselle in Pittari	<i>Bu2bis</i>	40.188607	15.555480
		Morigerati	<i>Bu3</i>	40.134387	15.543923
		S. Marina di Policastro	<i>Bu5</i>	40.071399	15.508359
F. Calore Irpino	AV	Montella	<i>C1</i>	40.822521	15.015425
	BN	Amorosi	<i>C11</i>	41.184391	14.474820
	AV	Paternopoli	<i>C3bis</i>	40.933978	15.039719
F. Calore Lucano	SA	Piaggine	<i>C1</i>	40.341522	15.380478
		Laurino	<i>C12</i>	40.336768	15.329144
		Felitto	<i>C13bis</i>	40.377811	15.238421
		Controne	<i>C15</i>	40.547865	15.175228
		Serre	<i>C16</i>	40.512041	15.043200
F. Fasanella	SA	Bellosguardo	<i>F</i>	40.420097	15.276855
F. Garigliano	CE	Sessa Aurunca	<i>G2</i>	41.242125	13.774641
F. Irno	SA	Pellezzano	<i>Ir1</i>	40.719600	14.775448
F. Lete	CE	Prata Sannita	<i>Lt1</i>	41.421666	14.195439
		Letino	<i>Lt1bis</i>	41.445614	14.246991
L. Matese	CE	San Gregorio Matese	<i>LM1</i>	41.415278	14.387865
F. Mingardo	SA	Laurino	<i>M1</i>	40.247403	15.411666
		Celle di Bulgheria	<i>M4</i>	40.096945	15.359707
		Centola	<i>M5</i>	40.035416	15.313427
F. Ofanto	AV	Monteverde	<i>O3ter</i>	41.050352	15.546710
F. Palistro	SA	Ceraso	<i>Pal1</i>	40.202271	15.282891
F. Picentino	SA	Giffoni Valle Piana	<i>Pi-NAT</i>	40.739076	14.954339
F. Pietra	SA	Bellosguardo	<i>P</i>	40.406595	15.283046
F. Sammaro	SA	Sacco	<i>Sm</i>	40.382406	15.355082
F. Savone	CE	Teano	<i>Sv1</i>	41.270671	14.037602
F. Sele	AV	Calabritto	<i>Sl1bis</i>	40.786664	15.240376
	SA	Valva	<i>Sl1</i>	40.719807	15.245191
	SA	Contursi Terme	<i>Sl3</i>	40.638131	15.233479
	SA	Eboli	<i>Sl4</i>	40.596471	15.119764
	SA	Serre	<i>Sl5</i>	40.549417	15.043686
	SA	Capaccio	<i>Sl6</i>	40.496614	15.014867
F. Tammaro	BN	Morccone	<i>Ta1bis</i>	41.355579	14.697793
F. Tanàgro	SA	Sicignano degli Alburni	<i>Tn2</i>	40.583656	15.357010
		Sicignano degli Alburni	<i>Tn3bis</i>	40.612227	15.257871
L. Teleso	BN	Teleso Terme	<i>TL1</i>	41.212705	14.535075
F. Titerno	BN	Cusano Mutri	<i>Ti1</i>	41.338791	14.525212
F. Tusciano	SA	Acerno	<i>Tu1</i>	40.717996	15.037509
		Olevano sul Tusciano	<i>Tu2</i>	40.645984	15.018026
F. Volturno	CE	Capriati al Volturno	<i>V1</i>	41.473560	14.104529
		Vairano Patenora	<i>V2</i>	41.362124	14.150094
		Alvignano	<i>V3bis</i>	41.255722	14.380908
		Castel Campagnano	<i>V5</i>	41.194018	14.452943
		Capua	<i>V7</i>	41.132413	14.272262

2.2 Metodi analitici per le analisi dei campioni di acqua

2.2.1 Determinazione dei metalli

L'analisi del contenuto dei principali metalli (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) nei campioni di acqua è stata condotta dall'ARPAC seguendo le metodiche previste dal D.Lgs 152/2006 (Tab. 1/B All. 2 parte III Sez. B). La determinazione del contenuto di mercurio totale (Hg) è stata effettuata da ENEA sui medesimi campioni. Questi sono stati analizzati nel più breve tempo possibile dopo il campionamento mediante ICP-MS (Agilent 7800). Sono state valutate le masse 201 e 202 di Hg; le analisi sono state condotte con e senza cella di collisione ad elio, per considerare possibili interferenze spettrali. Inoltre, è stato impiegato come standard interno un mix di Bi, Ge, In, ⁶Li, Sc, Tb e Y in 5% HNO₃, per correggere le interferenze di matrice che possono verificarsi durante le analisi in ICP-MS. I materiali di riferimento certificati impiegati per valutare l'accuratezza delle misure analitiche sono stati ERM CA 615 e NIST 1641e. Il limit of quantification (LOQ) di Hg, ottenuto con il metodo analitico descritto, è 0.025 µg/L.

2.2.2 Determinazione degli idrocarburi di origine petrolifera

I campioni prelevati sono stati stabilizzati, refrigerati a 4°C e analizzati entro le 24 ore dal campionamento seguendo la metodica descritta dall'ISPRA per la determinazione degli idrocarburi totali nelle acque (MLG 123/15). Per l'estrazione degli idrocarburi è stato utilizzato esano (grado cromatografico, Merck). L'estratto organico è stato concentrato tramite evaporazione (con azoto 5.0 mediante Turbovap LV) riducendo il volume fino a 1 mL. La determinazione quantitativa degli idrocarburi totali è stata effettuata mediante gascromatografo (AGILENT 7820) con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID). Per garantire l'accuratezza e la precisione dei risultati è stato utilizzato uno standard certificato (Merck) di n-alcani C10-C40 (per definire l'intervallo operativo della colonna cromatografica ed individuare l'inizio e la fine del segnale analitico) e una curva di calibrazione con range 0.10 mg/l - 5.00 mg/L ottenuta da miscela certificata di gasolio senza additivi e olio lubrificante senza additivi (UltraScientific Italia).

2.2.3 Determinazione dei composti fenolici

La determinazione dei composti fenolici è stata effettuata secondo quanto indicato nel D.Lgs n.152 del 2006 (Tabella 1/B All.2- Sez.B) con spettrofotometria di assorbimento molecolare, utilizzando il metodo colorimetro che misura tutti i fenoli orto- e meta- sostituiti presenti mediante loro reazione con la 4-amminoantipirina, a pH 10 e in presenza di potassio ferricianuro, per formare il derivato colorato antipirina.

I campioni, conservati a 4°C, vengono analizzati entro le 24 ore. Tenuto conto dei possibili interferenti del metodo e dell'instabilità degli analiti, ai campioni d'acqua viene aggiunto solfato di rame (Sulfide Inhibitor Reagent Powder Pillow Hach Lange) e una soluzione al 10% di H₃PO₄ per ottenere un pH 4.

L'analisi è stata effettuata utilizzando il set di reagenti Powder Pillows (Hach Lange range 0.002-0.200 mg/L Fenolo) seguendo la relativa procedura (Hach Lange n.8047 equivalente al metodo 420.1 USEPA 4-Aminoantipyrine). Le letture colorimetriche sono state effettuate a 460 nm mediante spettrofotometro (DR2800 Hach Lange). Poiché i campioni di acqua possono contenere vari tipi di composti fenolici, i risultati della procedura sono riportati come concentrazione equivalente di fenolo. La retta di calibrazione viene verificata mediante standards di fenolo preparati a partire da una soluzione madre pari a 0.200 mg/L di Fenolo (ACS Reagent).

2.3 Metodi analitici per le analisi dei campioni di sedimento

2.3.1 Preparazione campioni e analisi granulometriche

I campioni di sedimento, da sottoporre ad analisi chimiche per la determinazione del contenuto di metalli, sono stati essiccati in stufa termo ventilata a 40 °C, quartati, e un'aliquota rappresentativa è stata setacciata a 2 mm, il passante macinato in un mulino planetario con giare in agata (Pulverisette 6, Fritsch) fino a ottenere una granulometria inferiore a 100 µm. Il campione destinato all'analisi del mercurio è stato asciugato separatamente a temperatura ambiente, sotto cappa e successivamente macinato.

Le analisi granulometriche sono state effettuate pretrattando il campione con acqua ossigenata al 30% per rimuovere la sostanza organica. Il campione trattato è stato poi suddiviso attraverso setacciatura in due frazioni: una grossolana (> 63 µm) composta da ghiaia e sabbia e una fine (< 63 µm) costituita da limo e argilla (pelite). La frazione grossolana è stata essiccata in stufa ventilata a 40 °C, setacciata con setacci della serie ASTM con maglie da 2 mm a 63 µm, e quindi, ciascuna aliquota di trattenuto è stata pesata.

La frazione fine, se presente più del 5% del totale del campione, è stata analizzata mediante sedigrafo a raggi X (Sedigraff 5100 Micromeritics).

2.3.2 Determinazione dei metalli

L'analisi degli elementi in traccia è stata condotta in accordo con il metodo EPA 3052 modificato. Il metodo prevede la digestione totale dei sedimenti con miscela di acidi forti (HNO₃ 67-69%, HF 40%, H₂O₂ 30%) in sistema a microonde (microwave assisted acid digestion). Il programma di mineralizzazione consiste di due step: nel primo, applicando una potenza di 1800 W, si raggiunge gradualmente, in 30 minuti, la temperatura di 180°C; nel secondo step, sempre con 1800W, questa temperatura è mantenuta per ulteriori 30 minuti. L'acido fluoridrico in eccesso è successivamente allontanato per evaporazione. Il campione ottenuto dall'intera procedura di digestione è recuperato con acqua MilliQ in matraccio tarato e infine conservato a 4°C fino al momento delle analisi. Sono stati sempre effettuati e analizzati i bianchi di procedura.

L'analisi delle concentrazioni totali degli elementi nei sedimenti è stata condotta in accordo con il metodo EPA 6020, impiegando l'ICP-MS Agilent 7800. Per la determinazione del mercurio è stato adottato il metodo EPA 7473, utilizzando la tecnica spettrofotometrica di assorbimento atomico con FKV AMA254 (Advanced Mercury Analyzer). Il LOQ di Hg ottenuto con il metodo analitico descritto è di 0.010 mg/kg.

I materiali di riferimento certificati utilizzati sono stati: NIST SRM 1646 Estuarine Sediment e IAEA-SL-1 per i metalli, e BCR 277R e BCR 280R per il mercurio.

2.3.3 Determinazione degli idrocarburi di origine petrolifera

L'analisi degli idrocarburi (>C₁₂) è stata eseguita secondo la procedura descritta dall'ISPRA in MLG 75/2011, utilizzando un gascromatografo (AGILENT modello 7820) con un rivelatore a ionizzazione di fiamma (GC-FID). Un'aliquota di sedimento (10 g) viene estratta con tecnica ASE (120 °C, 1500 psi; 2 cicli statici con flush 60% del volume di cella, quest'ultima da 22 mL) utilizzando una miscela esano/acetone 50:50 e ottenendo un volume complessivo dell'estratto ~25 mL. Si elimina l'acetone aggiungendo 10 mL di acqua MilliQ, dibattendo energicamente per pochi secondi. Dopo risoluzione dell'emulsione, la fase

inferiore acquoso-acetonica viene eliminata. Il lavaggio viene ripetuto altre 2 volte. La fase esanica viene caricata su colonnina di clean-up di vetro da 1 cm di diametro interno, precaricata, nell'ordine, con batuffolino d'ovatta, 2 g di florisil attivato a 250°C e 2 g di sodio solfato anidro. L'eluato ottenuto viene evaporato con azoto 6.0 mediante l'utilizzo del Turbovap LV fino ad ottenere un volume di 1 ml. Prima di effettuare l'analisi dei campioni è stata eseguita una corsa cromatografica iniettando, al GC-FID, uno standard certificato (Merck) di n-alcani pari C10-C40 per individuare l'inizio e la fine del segnale. I cromatogrammi sono stati integrati immediatamente dopo l'inizio del picco n-decano (C10H22) e fino alla fine del picco n-tetracontano (C40H82). Successivamente i campioni sono stati analizzati iniettando gli eluati estratti al GC-FID.

2.4 Analisi dello stato ecotossicologico

La valutazione dello stato ecotossicologico è stata effettuata sulle acque superficiali ed i sedimenti campionati, mediante l'applicazione di una batteria di saggi ecotossicologici con organismi modello appartenenti a diversi livelli trofici. La matrice sedimento è stata testata previa preparazione dell'elutriato secondo quanto previsto dal metodo descritto in ASTM D3977-97. In breve, il sedimento cui viene aggiunta acqua Milli-Q nel rapporto di 4:1 (volume/peso secco) viene collocato in un agitatore per 1 ora a temperatura ambiente. Successivamente, la sospensione viene centrifugata a 3.000 rpm per 20 minuti e poi filtrata (\emptyset 0.45 μ m).

La selezione della batteria di saggi biologici è stata basata sulla disponibilità e sensibilità ai contaminanti degli organismi modello in allevamento. La scelta è ricaduta su:

batteri (test acuto con *Vibrio fischeri*);

alghe (test cronico con *Raphidocelis subcapitata*);

crostacei (test acuto e cronico con *Daphnia magna*)

Il test di inibizione della bioluminescenza con *V. fischeri* è stato eseguito secondo quanto descritto nella norma UNI EN ISO 11348. È stato effettuato uno screening test per tutti i campioni (acqua ed elutriato). La tossicità del campione è stata valutata misurando la diminuzione dell'intensità della luce prodotta dai batteri luminescenti dopo 5, 15 e 30 minuti di esposizione.

Il saggio di tossicità cronica su *R. subcapitata* è stato svolto secondo quanto descritto nella UNI EN ISO 8692, un inoculo algale (1x 10⁴ cell /ml) viene esposto alle diverse diluizioni dei campioni di acqua o eluato del sedimento da analizzare. Dopo una incubazione di 72 ore a 24±2 °C ad illuminazione continua di 10000 lux viene determinata la densità algale mediante conta al microscopio ottico (40x) con camera di Burker.

Il test acuto con *D. magna* è stato eseguito secondo la procedura UNI EN ISO 6341. Il saggio consiste nell'esposizione dei nauplii del crostaceo al campione da analizzare. Dopo 24 e 48 ore d'esposizione si procede alla determinazione della mortalità/immobilità degli organismi.

Tutti i risultati sono stati espressi come percentuale di inibizione rispetto al controllo (Abbott, 1925). Successivamente, allo scopo di ottenere un indice sintetico per ogni campione testato i risultati dei diversi test sono stati integrati applicando il Toxicity Battery integrated Index (TBI) descritto in Manzo et al. (2008). Il TBI viene poi utilizzato per definire una scala di rischio ecotossicologico: rischio basso (TBI ≤ 20%), moderato (20 < TBI ≤ 50%), alto (TBI > 50%).

2.5 Analisi di Rischio Ecologico (ERA)

Il rischio ecologico associato all'esposizione di organismi acquatici a PTEs nelle acque e nei sedimenti è stato valutato mediante indici di stima del potenziale impatto sia dei singoli elementi che quello associato alla presenza degli stessi in miscela, ipotizzando un effetto additivo delle concentrazioni. In

particolare, l'indice HQ (Hazard Quotient) e l'indice integrato TRI (Toxic Risk Index) sono stati utilizzati rispettivamente per la valutazione del potenziale rischio ecologico nelle acque e nei sedimenti (Long and MacDonald, 1998; Zhang et al. 2016).

I valori di HQ sono calcolati come rapporto tra il valore di MEC (Measured Environmental Concentration) di ogni elemento ed il corrispondente valore di concentrazione di non effetto PNEC (Predicted No Effect Concentration), ottenuto da dati ecotossicologici (di letteratura e banche dati come: <http://cfpub.epa.gov/ecotox/>) di specie dulciacquicole appartenenti a diversi livelli trofici (es. alghe, crostacei, molluschi, pesci): $HQ = MEC/PNEC$. Valori di HQ maggiori di 1 indicano un potenziale rischio per organismi esposti e richiedono un approfondimento dello studio (es. dati sito specifici supplementari). I potenziali effetti della miscela di contaminanti sono valutati dalla sommatoria dei singoli HQ per ogni sito indagato ($\sum HQ$). In questo caso, per meglio evidenziare le differenze spaziotemporali dei risultati, i siti sono stati raggruppati in tre classi di rischio (alto, moderato e basso), utilizzando come valore di riferimento il valore medio dei dati e come limite massimo un suo multiplo. L'indice di rischio TRI è calcolato come il rapporto tra i valori di MECs ed i corrispondenti valori di riferimento internazionali Sediment Quality Guidelines (SQG) per ecosistemi di acqua dolce (MacDonald et al. 2000), in particolare il Threshold Effect Level (TEL) e il Probable Effect Level (PEL):

$$TRI_i = \sqrt{\frac{(MEC_i/TEL)^2 + (MEC_i/PEL)^2}{2}}$$

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
TEL	5.9	0.596	37.3	35.7	0.174	18	35	123
PEL	17	3.53	90	197	0.486	36	91.3	315

Il valore integrato del TRI è calcolato come sommatoria: $TRI = \sum TRI_i$. I risultati sono raggruppati in 5 classi: $TRI \leq 5$ nessun rischio; $5 < TRI \leq 10$ basso rischio; $10 < TRI \leq 15$; moderato rischio; $15 < TRI \leq 20$ alto rischio; $TRI > 20$ rischio molto alto.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Analisi dei campioni di acqua

I dati relativi all'analisi dei metalli nelle acque prodotti dall'ARPAC, unitamente a quelli dell'ENEA, sono stati utilizzati per l'elaborazione delle mappe di distribuzione dei contaminanti. In appendice A sono riportate le mappe stagionali dei PTEs, dei composti fenolici e degli idrocarburi di origine petrolifera. La concentrazione in acqua dei PTEs (As, Cr, Ni, Pb, Cu e Zn), dei composti fenolici e degli idrocarburi di origine petrolifera, nella maggior parte dei casi risulta conforme ai corrispondenti limiti guida e limiti obbligatori stabiliti dalla normativa (tab 1/B, All.2 - Sez. B, D.lgs n.152/2006) che definisce l'idoneità delle acque alla vita dei pesci. Tuttavia, si osservano alcuni superamenti dei limiti di legge per i valori di concentrazione dei composti fenolici e degli idrocarburi di origine petrolifera. In ambiente, i composti fenolici possono derivare da diverse attività industriali (produzione di sostanze chimiche, pesticidi, esplosivi, farmaci e coloranti necessari per lo sbiancamento della carta, processi di disinfezione delle acque potabili e di scarico) e agricole (erbicidi, insetticidi e fungicidi) oltre che dalla decomposizione di prodotti naturali come gli acidi umici e la lignina.

In autunno, nei siti G2 (fiume Garigliano) e SI6 (fiume Sele) si nota il superamento dei limiti guida sia per i composti fenolici (0.015 mgL⁻¹ di fenolo, in entrambi i siti) sia per gli idrocarburi di origine petrolifera (0.31 mgL⁻¹ in G2, e 0.37 mgL⁻¹ in SI6). Nel sito Tu1 (fiume Tusciano), la concentrazione dei fenoli misurata nelle tre campagne di monitoraggio, autunnale, invernale e primaverile (0.019, 0.016, 0.024 mgL⁻¹ di fenolo, rispettivamente) è sempre maggiore del limite guida previsto dalla legge; inoltre,

sempre nel sito Tu1, in inverno, si osserva che il contenuto degli idrocarburi di origine petrolifera (0.38 mgL⁻¹) non è conforme al limite guida di 0.2 mgL⁻¹.

Gli idrocarburi di origine petrolifera, nei diversi siti di campionamento, presentano valori superiori a quelli di riferimento della normativa principalmente in autunno e in inverno, ad eccezione dei punti Bu3 (fiume Bussento) e M1 (fiume Mingardo), in cui si registra un superamento anche in estate (0.27 mgL⁻¹ in inverno e 0.25 mgL⁻¹ in estate per Bu3, e 0.42, 0.75 mgL⁻¹ in autunno e inverno e 0.23 mgL⁻¹ in estate, per M1). Nel sito Tn3bis (fiume Tanagro), superamenti del limite guida sono osservati sia in inverno (0.24 mgL⁻¹) che in primavera (0.33 mgL⁻¹). Tali concentrazioni potrebbero essere legate alla scarsa solubilità in acqua di questi composti ed alla temperatura dell'acqua nelle stagioni fredde, sebbene sia da tener conto anche dei limiti della procedura analitica, che sicuramente necessita di ulteriori affinamenti (ISPRA, MLG 123/2015).

3.2 Analisi dei campioni di sedimento

I sedimenti svolgono un ruolo cruciale nella comprensione delle pressioni ambientali di un'area, poiché conservano la memoria storica dell'ambiente acquatico. Tuttavia, non esistono ancora normative che fissino limiti per le sostanze prioritarie nei sedimenti lacustri e fluviali. In molti lavori sono utilizzati i Livelli Chimici di Riferimento (LCR) proposti da uno studio dell'ISPRA (2009) o le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) per i suoli.

Gli LCR, analogamente alle CSC, possono identificare tratti di corso d'acqua che richiedono indagini specifiche per valutare l'ecocompatibilità dei sedimenti e la necessità di interventi. Questi strumenti tabellari, però, servono solo per uno screening preliminare e devono essere seguiti da procedure sito specifiche confrontate con aree di riferimento non compromesse (ISPRA, 2009)

Il sedimento campionato è stato catalogato, in base alla classe tessiturale, secondo la classificazione ternaria di Shepard (1954) modificata per la ghiaia. I risultati delle analisi granulometriche hanno messo in evidenza che la quasi totalità dei campioni esaminati è composta da una frazione grossolana predominante (da maggiore di 2 mm a 63 µm), pertanto per la classificazione è stato utilizzato il diagramma di Shepard (1954) modificato per la ghiaia (Figura 2).

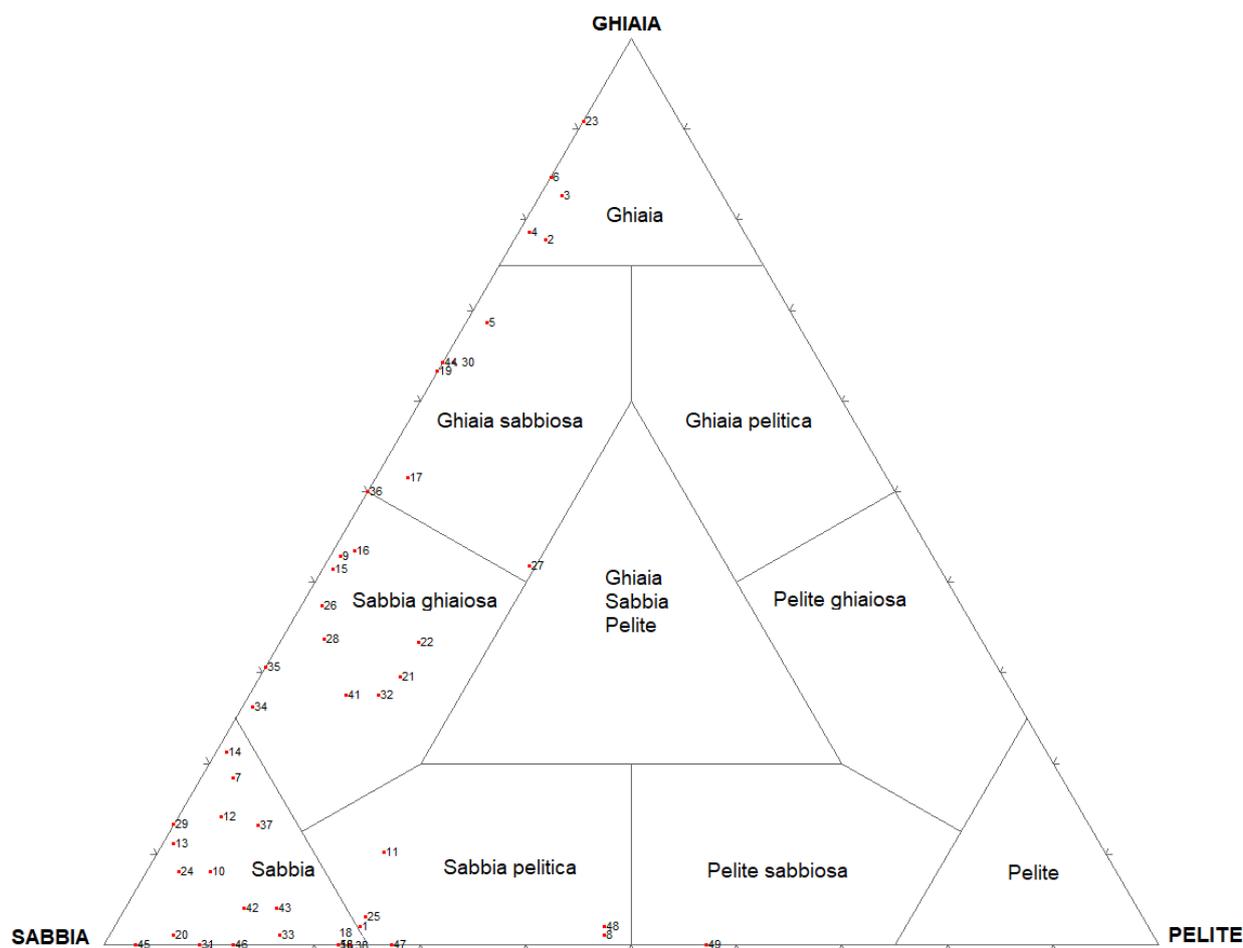


Figura 2: Diagramma di Shepard

I campioni si sono distribuiti in quattro classi tessiturali: ghiaia, ghiaia sabbiosa, sabbia ghiaiosa e sabbia. Fanno eccezione 7 campioni a granulometria più fine, di cui 6 sono classificati come sabbia pelitica (A11, Bu5, C11, M5, V2 e V3bis) e 1 come pelite sabbiosa (V5) (Tabella 2).

In Tabella 2 sono riportati i risultati delle analisi chimiche dei campioni di sedimento. Le concentrazioni degli elementi misurate nei sedimenti sono per la maggior parte inferiori ai valori dei LCR e delle CSC (colonna A della tabella 1 del D.lgs. 152/2006). Tuttavia, per alcuni elementi e in diversi siti, si osservano superamenti di questi valori limite. In particolare, concentrazioni di Cr superiori ai LCR e CSC, probabilmente dovute alle attività industriali e manifatturiere presenti nelle aree studiate, sono stati misurate nei sedimenti del fiume Bussento (Bu1 50.1 mg kg⁻¹, Bu3 69.1 mg kg⁻¹, Bu5 79.7 mg kg⁻¹), in quelli del fiume Calore Volturno (C1, 49.5 e C3Bis, 60.1 mg kg⁻¹), nei sedimenti dei siti campionati nei fiumi Fasanella (F, 49.7 mgkg⁻¹), Volturno (V5, 55.5 mg kg⁻¹), Ofanto (O3ter, 47.2 mg kg⁻¹), e nell'invaso dell'Alento di Piano della Rocca (OA11, 66.6 mg kg⁻¹). Nei sedimenti del sito e in quelli del sito, dove si evidenziano, inoltre, inoltre nei fiumi Sammaro e Pietra, sono osservati sia elevati valori di concentrazione del Cr (Sm, 84.9 e P, 62.3 mg kg⁻¹) che del V (Sm, 103 e P, 90.8 mgkg⁻¹) e dello Zn (Sm, 144 e P, 104 mgkg⁻¹). Le sabbie fini, che caratterizzano i sedimenti del fiume Sammaro (Sm), potrebbero favorire l'accumulo degli elementi spiegando le maggiori concentrazioni misurate nei depositi di questo fiume.

Nei sedimenti campionati nel sito LT1bis, sono stati misurati valori superiori ai LCR e CSC, per il Cr (55.2 mgkg⁻¹) e il Cd (0.602 mgkg⁻¹). Concentrazioni maggiori dei LCR e CSC dei suoli evidenziati per alcuni elementi sono tuttavia, inclusi negli intervalli dei valori geogenici di background dei sedimenti delle

acque superficiali della Campania, (righe A e B in Tabella 2) pubblicati in Albanese et al. (2007). Una concentrazione di Cd (0.638 mg kg^{-1}) superiore ai LCR e CSC, ma compresa nell'intervallo dei suddetti valori di background naturale per i depositi vulcanoclastici ($0.43 - 0.69 \text{ mg kg}^{-1}$), è stata determinata nei sedimenti prelevati nel lago di Telesse (sito TL1). Pertanto, l'origine carsica del lago potrebbe spiegare la concentrazione di Cd osservata come di natura geogenica. Si evidenziano, inoltre, elevate concentrazioni di As (16.7 mg kg^{-1}), Be (7.45 mg kg^{-1}), Cd (1.47 mg kg^{-1}), Cr (89.3 mg kg^{-1}), Pb (52.0 mg kg^{-1}) e V (143 mg kg^{-1}) nei sedimenti del lago Matese (sito LM1), anch'esso di natura carsica, privo di immissari, alimentato con le acque provenienti dallo scioglimento delle nevi dei rilievi carbonatici circostanti e da sorgenti perenni. Tuttavia, le concentrazioni, determinate per gli elementi sopra elencati, ricadono negli intervalli dei valori geogenici di background (righe A e B in Tabella 2) relativi ai sedimenti da acque superficiali in contatto con depositi piroclastici. Tali depositi, generalmente, ricoprono gli affioramenti di rocce carbonatiche presenti per lo più nei settori NW e SE della regione campana di cui fa parte il gruppo montuoso del Matese (Albanese et al. (2007). Inoltre, i sedimenti di questo lago, costituiti da sabbia fine (91.8%), sono caratterizzati da contenuti elevati di Al (8.85%), Fe (5.3 %) e Mn (1131 mg kg^{-1}). Anche per i sedimenti del Savone (sito Sv1), a granulometria prevalentemente sabbiosa (76%), sono stati determinati contenuti più elevati dei LCR e CSC dei suoli ad uso residenziale/verde pubblico, per As (13.2 mg kg^{-1}), Be (6.20 mg kg^{-1}), Pb (55.8 mg kg^{-1}) e V (169 mg kg^{-1}), così come valori elevati, rispetto a quelli determinati nei sedimenti degli altri siti studiati, sono stati misurati per U (5.72 mg kg^{-1}). Le concentrazioni elevate determinate per As, Be, Pb e V, sono, in realtà, riconducibili, come già descritto, ai valori di fondo naturale di questi elementi dovuti alla presenza dei depositi piroclastici della caldera del vulcano di Roccamonfina, da dove il Savone origina.

Tab. 2. Valori di concentrazione dei metalli e degli idrocarburi di origine petrolifera nei sedimenti e classi tessiturale per le stazioni di monitoraggio identificate nell'ambito del progetto multimisura ISSPA (PO FEAMP 2019 - 2022) Regione Campania (Italia). In verde i valori minimi e in azzurro i valori massimi. Nelle righe A e B sono riportati gli intervalli dei valori di background naturale degli stream sedimenti della regione Campania in accordo con la litologia, Siliclastic deposits (A) e Volcanoclastic deposits (B) (Albanese, 2007). Livelli Chimici di Riferimento (LOR) (ISPR 2008; Concentrazione Soglia di Contaminazione, CSC(1) per i suoli ad uso residenziale/verde pubblico, e CSC(2) ad uso industriale (D. Lgs. 152/06).

stazione	Al	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	U	V	Zn	C ₁₀ -C ₄₀	Ghiaia	Sabbia	Pelite	Classe tessiturale (sigla per stazione)
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%									
<i>AI1</i>	54352	7.00	1.67	0.142	7.35	44.1	17.2	21106	0.029	339	22.5	19.4	1.57	59.4	60.0	12.9	2	74.6	23.4	Sabbia pelitica (1)
<i>AI3</i>	49203	4.77	2.34	0.190	9.56	44.8	21.6	20381	0.033	839	22.6	20.3	1.69	62.6	31.8	9.3	77.5	19	3.5	Ghiaia (2)
<i>AI4bis</i>	45153	7.17	1.46	0.117	6.96	36.5	15.3	22971	0.025	384	17.3	15.1	1.44	47.4	37.5	<2.0	81.9	15.8	2.3	Ghiaia (3)
<i>AI5</i>	42857	6.56	1.32	0.100	6.71	32.8	13.5	22946	0.026	413	17.6	15.5	1.16	44.0	38.0	19.7	77.8	20.3	1.9	Ghiaia (4)
<i>BU1</i>	46106	7.91	1.32	0.229	8.98	50.1	20.8	27447	0.040	861	25.3	14.1	1.97	71.3	59.8	15.3	68.4	29.3	2.3	Ghiaia sabbiosa (5)
<i>Bu2bis</i>	39753	5.59	1.15	0.214	7.84	43.6	18.5	25641	0.032	564	35.9	14.0	1.93	62.1	56.2	9.1	83.7	15.9	0.4	Ghiaia (6)
<i>Bu3</i>	51234	10.3	1.68	0.224	12.8	69.1	25.9	42940	0.042	756	39.7	27.2	2.05	103	86.8	11.8	18.5	77.9	3.6	Sabbia (7)
<i>Bu5</i>	65832	6.45	2.24	0.264	13.1	79.7	34.3	34508	0.050	930	44.3	19.9	2.11	99.1	85.5	43.4	1.9	51.7	46.4	Sabbia pelitica (8)
<i>CI</i>	36808	6.14	2.60	0.487	9.23	49.5	12.4	21246	<0.010	582	21.4	19.4	2.45	85.7	41.6	<2.0	42.6	55.7	1.7	Sabbia Ghiaiosa (9)
<i>CI1</i>	46679	7.20	1.44	0.096	7.13	37.5	16.4	22769	0.019	371	17.2	15.0	1.40	49.6	37.9	1.1	10.9	67.2	21.9	Sabbia (10)
<i>C3bis</i>	55324	4.41	2.41	0.255	8.65	60.1	11.9	26960	0.016	670	22.3	16.6	1.52	64.8	71.1	6.4	8.2	85.8	6	Sabbia pelitica (11)
<i>CI</i>	22357	4.54	0.954	0.345	5.84	20.8	14.9	19578	0.016	1037	17.8	9.94	1.10	35.5	39.6	15.6	14.4	81.6	4	Sabbia (12)
<i>CI2</i>	17398	3.35	0.455	0.253	5.12	16.9	13.4	17871	0.013	1011	15.8	6.40	0.93	27.0	33.5	5.0	11.4	87.6	1	Sabbia (13)
<i>CI3bis</i>	20759	4.46	0.553	0.299	5.78	20.1	14.5	19637	0.013	1041	17.0	9.65	0.95	30.3	35.8	3.7	21.1	77	1.9	Sabbia (14)
<i>CI5</i>	19017	3.56	0.454	0.211	5.74	19.2	16.3	18148	0.016	988	18.2	6.37	0.88	29.3	36.3	12.5	41.4	57.6	1	Sabbia ghiaiosa (15)
<i>CI6</i>	21830	3.41	1.04	0.246	5.12	32.8	6.57	15145	0.01	579	13.6	7.85	1.05	40.4	28.0	6.8	43.8	54.1	2.1	Sabbia ghiaiosa (16)
<i>F</i>	46091	6.91	1.43	0.308	11.2	49.7	31.1	34173	0.035	1575	32.0	13.3	1.56	74.5	88.3	12.4	51.1	45.7	3.2	Ghiaia sabbiosa (17)
<i>G2</i>	46854	8.80	2.48	0.312	7.64	41.0	14.2	17994	0.061	571	22.3	30.4	2.54	58.2	44.8	45.6	0	77.3	22.7	Sabbia (18)
<i>Ir1</i>	26379	4.92	2.35	0.136	11.2	38.0	25.3	11917	0.011	504	18.0	18.3	4.53	91.0	55.1	13.8	62.8	36.8	0.4	Ghiaia sabbiosa (19)
<i>LM1</i>	88520	16.7	7.45	1.47	13.7	89.3	13.5	51963	0.028	1131	23.1	52.0	4.06	143	91.2	14.5	1.4	91.8	6.8	Sabbia (20)
<i>Ir1</i>	21277	4.37	1.51	0.471	3.20	15.9	9.12	7609	0.019	300	7.43	17.7	1.72	24.4	38.2	7.8	29.6	56.7	13.7	Sabbia ghiaiosa (21)
<i>Ir2bis</i>	31619	3.25	1.67	0.602	7.83	55.2	8.61	26460	0.02	458	15.4	18.8	1.67	88.8	58.1	11.1	33.5	53.2	13.3	Sabbia ghiaiosa (22)
<i>M1</i>	39981	4.55	1.39	0.295	8.49	43.3	21.5	25411	0.027	644	28.3	9.74	1.78	59.5	63.2	5.3	90.4	9	0.6	Ghiaia (23)
<i>M4</i>	35527	3.05	0.987	0.120	8.69	32.0	21.4	28158	0.025	1818	31.0	12.2	0.830	42.6	64.7	5.3	8.3	88.6	3.1	Sabbia (24)
<i>M5</i>	40783	3.37	1.37	0.149	9.18	40.2	24.3	28457	0.026	1427	33.9	13.5	0.963	51.8	65.4	17.3	3.3	73.3	23.4	Sabbia pelitica (25)
<i>O3ter</i>	35526	4.76	1.61	0.222	13.0	47.2	12.1	29611	<0.010	1700	24.2	17.6	1.47	71.6	46.9	<2.0	37.2	60.3	2.5	Sabbia ghiaiosa (26)
<i>OAL1</i>	57802	6.70	2.52	0.267	17.1	66.6	33.8	35549	0.048	912	36.4	23.0	1.84	82.5	102	23.0	41.7	38.6	19.7	Ghiaia sabbiosa (27)

Tab. 2: Valori di concentrazione dei metalli e degli idrocarburi di origine petrolifera nei sedimenti e classi tessiture per le stazioni di monitoraggio identificate nell'ambito del progetto multimisura ISSPA (PO FEAMP 2019 - 2022) Regione Campania (Italia). In verde i valori minimi e in azzurro i valori massimi. Nelle righe A e B sono riportati gli intervalli dei valori di background naturale degli stream sediment della regione Campania in accordo con la litologia, Siliclastic deposits (A) e Volcanoclastic deposits (B) (Albanese, 2007). Livelli Chimici di Riferimento (LCR) ISPR 2009; Concentrazione Soglia di Contaminazione, CSC(1) per i suoli ad uso residenziale/verde pubblico, e CSC(2) ad uso industriale (D. Lgs. 152/06).

<i>P</i>	55254	6.36	1.54	0.285	11.1	62.3	35.7	38305	0.045	1686	37.5	13.0	1.11	90.8	104	18.2	33.9	61.5	4.6 Sabbia ghiaiosa (28)
<i>Pa1I</i>	56621	3.74	0.914	0.091	5.32	27.4	11.8	15009	0.012	196	14.2	17.0	0.82	43.1	35.5	14.7	13.5	85.6	0.9 Sabbia (29)
<i>Pi-NAT</i>	9064	2.82	0.873	0.202	6.80	41.0	11.2	13424	<0.010	336	16.8	56.4	3.29	88.5	29.2	8.0	63.8	34.8	1.4 Ghiaia sabbiosa (30)
<i>Si1</i>	41541	3.27	1.31	0.228	7.49	38.7	10.4	14849	0.011	519	15.9	14.1	1.26	47.2	37.4	19.7	0.3	90.4	9.3 Sabbia (31)
<i>Si1bis</i>	34272	2.30	1.18	0.250	4.11	24.5	7.89	10263	<0.010	339	12.2	13.8	0.921	27.2	27.5	4.7	27.2	59.9	12.9 Sabbia ghiaiosa (32)
<i>Si3</i>	46106	5.19	2.07	0.355	8.44	45.3	28.7	17454	0.118	568	17.3	30.0	1.95	56.8	77.4	30.4	1.2	82.4	16.4 Sabbia (33)
<i>Si4</i>	25170	2.86	0.989	0.237	5.04	32.9	6.50	14629	<0.010	569	13.9	10.9	1.12	39.6	33.0	5.7	26.7	72	1.3 Sabbia ghiaiosa (34)
<i>Si5</i>	23614	2.99	0.972	0.285	4.86	31.8	6.30	14355	<0.010	536	12.5	8.5	1.16	39.9	38.5	9.4	30.6	68.8	0.6 Sabbia ghiaiosa (35)
<i>Si6</i>	21328	3.48	0.803	0.262	4.81	29.2	6.82	13654	<0.010	578	13.8	6.65	1.10	36.2	29.6	6.8	49.8	49.3	0.9 Ghiaia sabbiosa (36)
<i>Sm</i>	64963	6.82	2.06	0.278	13.5	84.9	31.6	40865	0.046	1050	39.1	24.2	1.74	103	144	35.9	13.4	78.1	8.5 Sabbia (37)
<i>Sv1</i>	95607	13.2	6.202	0.403	13.1	23.5	20.1	47810	0.044	1051	10.9	55.8	5.72	169	104	61.1	0	76.6	23.4 Sabbia (38)
<i>Ta1bis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ti</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tl1</i>	23537	5.55	1.05	0.638	7.03	44.9	19.2	18469	0.021	481	22.9	20.6	1.93	55.8	109	<2.0	27.4	62.8	9.8 Sabbia ghiaiosa (41)
<i>Tn2</i>	29910	4.40	1.26	0.264	8.02	32.7	13.7	16968	0.013	985	19.5	15.4	1.38	46.4	40.7	10.5	4.7	83.5	11.8 Sabbia (42)
<i>Tn3bis</i>	35089	5.78	1.61	0.259	10.6	37.3	16.0	19645	0.019	1013	20.4	14.7	1.38	50.9	47.8	27.9	4.7	80.7	14.5 Sabbia (43)
<i>Tu1</i>	7402	2.18	0.485	0.272	3.39	17.2	3.35	6239	<0.010	174	8.13	7.01	2.93	40.4	15.9	2.8	63.7	35.8	0.5 Ghiaia sabbiosa (44)
<i>Tu2</i>	19210	3.96	1.11	0.305	4.46	18.9	7.98	8849	0.013	284	11.1	13.1	3.10	46.2	26.8	7.8	0	96.6	3.4 Sabbia (45)
<i>V1</i>	20535	4.40	0.357	0.255	6.02	19.8	10.4	7704	0.011	1224	16.7	5.70	0.866	26.9	30.4	24.2	0.8	86.9	12.3 Sabbia (46)
<i>V2</i>	31092	5.62	1.20	0.279	8.34	34.1	12.7	21002	0.019	1284	27.2	16.0	1.72	65.2	43.6	16.5	0	72.9	27.1 Sabbia pelitica (47)
<i>V3bis</i>	56225	8.14	3.80	0.319	8.75	42.3	19.6	21934	0.031	938	40.1	31.0	2.74	72.4	58.7	24.2	2.7	51	46.3 Sabbia pelitica (48)
<i>V5</i>	53015	6.04	2.53	0.282	9.47	55.5	21.1	27474	0.030	894	29.6	26.4	2.19	86.5	73.4	29.1	0.8	42.6	56.6 Pelite sabbiosa (49)
<i>V7</i>	46992	4.38	2.07	0.195	8.12	35.6	13.5	18982	0.032	798	25.9	20.3	1.85	61.4	45.3	12.0	0	77.8	22.2 Sabbia (50)
<i>A</i>	3.7-10.2			0.02-0.43		12-28	19-40		4-67 (µg/kg)			5-29				16-82	-	-	-
<i>B</i>	10.2-13.9			0.43-0.69		12-28	19-40		67-205 (µg/kg)			29-51				82-156	-	-	-
<i>LCR</i>	13			0.5		47			0.4		56	41					-	-	-
<i>CSC(1)</i>	20	2	2	2	20	150	120		1		120	100		90	150		-	-	-
<i>CSC(2)</i>	50	10	15	15	250	800	600		5		500	1000		250	1500		-	-	-

3.3 Analisi ecotossicologiche

L'integrazione dei risultati mediante TBI (fig. 8) ha permesso il confronto tra i vari siti di campionamento, le stagioni e le matrici analizzate.

Durante la stagione autunnale, la maggior parte dei punti di campionamento presenta un rischio ecotossicologico trascurabile ($TBI < 20\%$). Tuttavia, alcuni tratti dei fiumi Bussento e Calore evidenziano un rischio moderato ($20\% < TBI \leq 50\%$).

Nella stagione invernale, la maggioranza dei punti di campionamento risulta moderatamente a rischio ($20\% < TBI < 50\%$). I valori più elevati si registrano per i fiumi Sele e Calore (50%-75%). In particolare, si osserva una forte biostimolazione nei fiumi Volturno e Sele, probabilmente attribuibile al dilavamento di fertilizzanti utilizzati nelle aree agricole circostanti, che raggiungono le acque superficiali in seguito a eventi meteorologici tipici della stagione. Le stesse osservazioni persistono nella stagione primaverile. È importante notare che i fiumi Mingardo, Sele e Calore sono quelli con il maggior numero di siti a rischio, richiamando una particolare attenzione su queste aree e la necessità di intensificare il monitoraggio per meglio definire gli impatti. Anche durante la stagione estiva, si osservano diversi siti con rischio moderato. I fiumi con il maggior numero di siti a rischio sono il Sele, il Mingardo e il Bussento, mentre l'unico fiume che non presenta alcun rischio è il Tusciano. In particolare, per due siti (TL1 - Lago di Teleso e C1 - Alto Calore) si registra un rischio moderato per tutte le stagioni e anche per la matrice sedimento. In tutti gli altri siti non c'è mai una corrispondenza tra il rischio in acqua e quello nei sedimenti.

In generale, sembra non vi sia una diretta corrispondenza tra i livelli di metalli e l'ecotossicità osservata nei siti studiati. I siti con un TBI più elevato non mostrano necessariamente concentrazioni di metalli più alte. Questo risultato deriva dalla complessità della tossicità dei metalli, che dipende non solo dalla loro concentrazione totale, ma anche dalla loro forma chimica. Alcune forme di metalli possono essere più facilmente disponibili e quindi potenzialmente più tossiche per gli organismi acquatici, mentre altre, nonostante le concentrazioni elevate, risultano essere meno tossiche. Le condizioni ambientali locali, come il pH, la temperatura e la presenza di materia organica, possono alterare la biodisponibilità e la tossicità dei metalli. Inoltre, la presenza contemporanea di più metalli può influenzare reciprocamente la potenziale tossicità dei singoli (Manzo et al. 2010). L'effetto di altri inquinanti presenti nell'ambiente acquatico sui metalli, potenziando o mitigando la tossicità complessiva, è altresì significativo. Il test di inibizione della crescita algale ha mostrato una frequenza più elevata di tossicità massima, confermando la maggiore sensibilità dell'alga *R. subcapitata* rispetto agli altri organismi utilizzati nella batteria di test selezionata. L'elevata sensibilità delle alghe e il loro ruolo nella catena trofica rendono questo saggio particolarmente rilevante nella valutazione degli effetti negativi dell'inquinamento sui sistemi acquatici, permettendo interventi tempestivi per la conservazione e il ripristino dell'ecosistema. In generale, in questo studio, il test di inibizione della crescita algale è stato determinante nell'integrazione finale di tutti i risultati. Al contrario, il test acuto con *D. magna* si è rivelato meno sensibile, con una percentuale di effetto che in pochi casi supera il 50%.

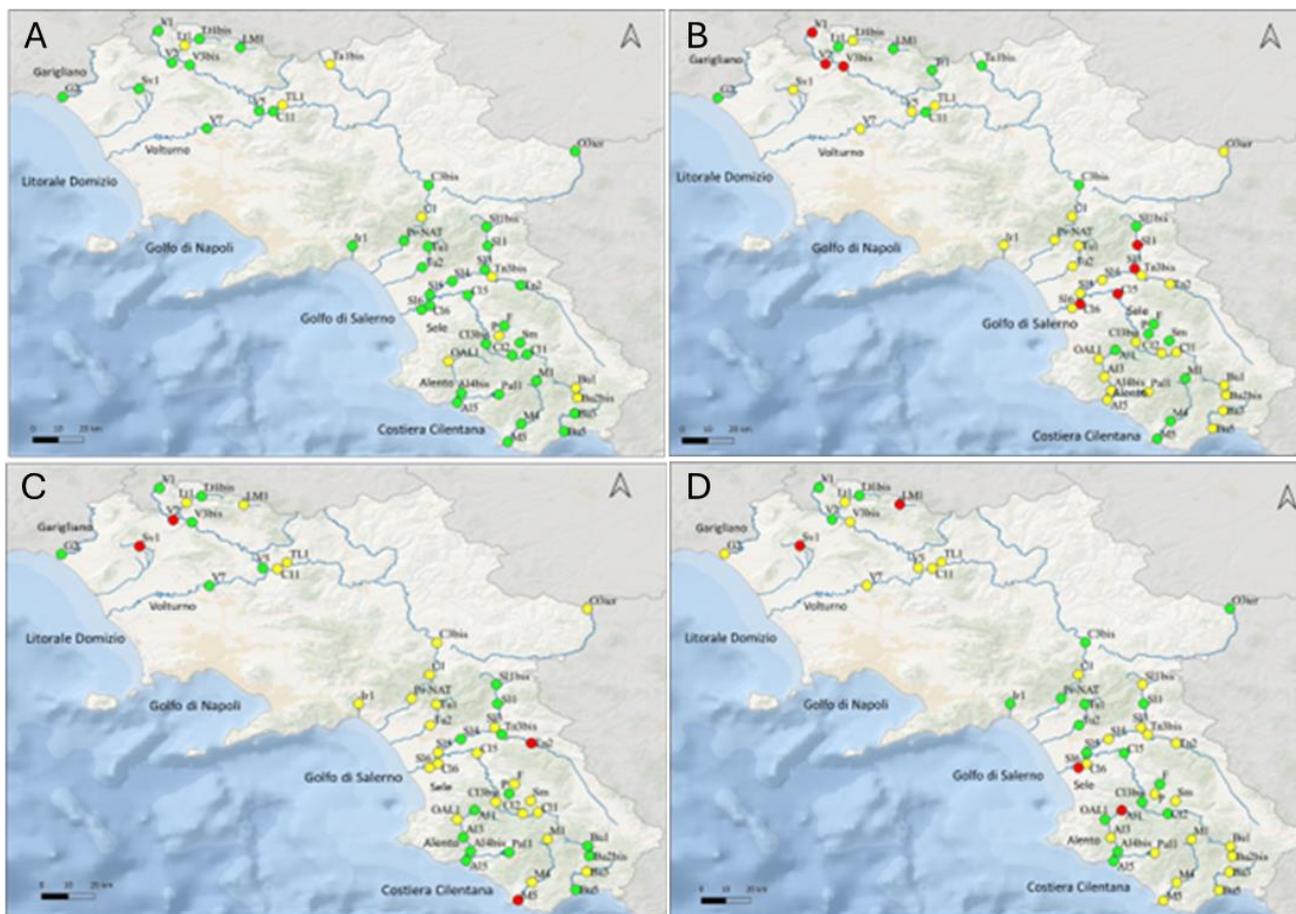


Figura 8: Mappe TBI per la matrice acqua in autunno (a) e inverno (b) 2020 e in primavera (c) ed estate (d) 2021. In rosso i punti ad alto TBI, in giallo moderato TBI e verde basso TBI.

In futuro, potrebbe essere opportuno considerare l'adozione di una batteria di saggi ecotossicologici che includa anche un test cronico con *D. magna*, al fine di migliorare la valutazione complessiva del rischio. In sintesi, i risultati sottolineano la complessità e la variabilità degli impatti ecotossicologici nei sistemi acquatici considerati e la necessità di una gestione integrata e tempestiva per preservare e ripristinare la salute degli ecosistemi acquatici.

Le analisi ecotossicologiche sulla matrice sedimento (figura 9) hanno permesso una valutazione più approfondita riguardo all'eventuale presenza di altri contaminanti, oltre a quelli misurati (metalli e idrocarburi), e alla loro possibile disponibilità per la matrice acquosa. In generale, si evidenzia un rischio ecotossicologico basso ($TBI < 20\%$) in quasi tutti i siti campionati. Tuttavia, lungo i corpi idrici, in particolare alle foci dei fiumi Bussento e Mingardo, nel tratto terminale del Sele e nel Lago Matese, sono stati rilevati punti con rischio moderato ($20\% < TBI \leq 50\%$), probabilmente a causa dell'azione congiunta di contaminanti provenienti da diverse aree a monte.

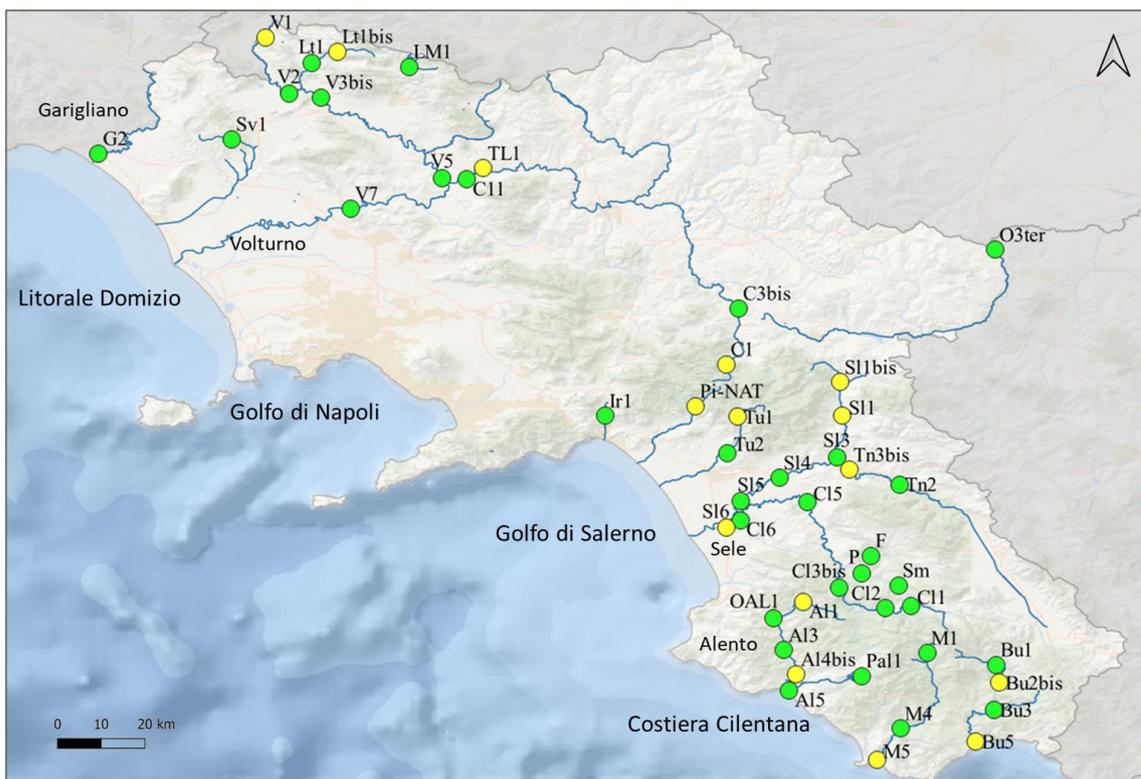


Figura 9: Mappa TBI per la matrice sedimento. In verde i punti con basso rischio ecotossicologico, e in giallo con moderato rischio.

3.4 Elaborazioni statistiche

Sui dataset relativi alle acque ed al sedimento è stata eseguita l'analisi delle componenti principali (Principal Component Analysis, PCA) al fine di raggruppare i parametri che hanno verosimilmente un'origine comune (es. in termini di fonti di rilascio nell'ambiente). Un'associazione tra contaminanti si riflette quindi nella distribuzione dei punti di campionamento sulla superficie del grafico, poiché si evidenziano insiemi di campioni caratterizzati dalla contemporanea presenza di elevate concentrazioni di più contaminanti.

Prima dell'esecuzione dell'elaborazione statistica sono stati esclusi i parametri che avevano la maggior parte di dati mancanti o non significativi, a causa di valori non misurati o inferiori al limite di rilevabilità (es. la concentrazione di Cd nelle acque); inoltre, poiché i dataset sono composti da parametri di tipo diverso (chimici, chimico-fisici, granulometrici, ecotossicologici), è stata effettuata una normalizzazione dei dati applicando il metodo z-score.

La PCA sui campioni di acque è stata eseguita per ogni stagione di campionamento: autunno (Fig. 10), inverno (Fig. 11), primavera (Fig. 12), estate (Fig. 13). Dal confronto tra i grafici delle quattro stagioni si evidenzia una migliore correlazione tra i metalli (vettori dei metalli sul grafico con orientamento simile e con angoli più piccoli) e una minore dispersione dei campioni sulla superficie del grafico, in primavera ed in estate; questo riscontro può indicare che le sorgenti di contaminazione relative a tali elementi sono prevalentemente attive nelle due stagioni indicate, forse a causa del maggiore impatto dovuto alla presenza di turisti in questi periodi dell'anno.

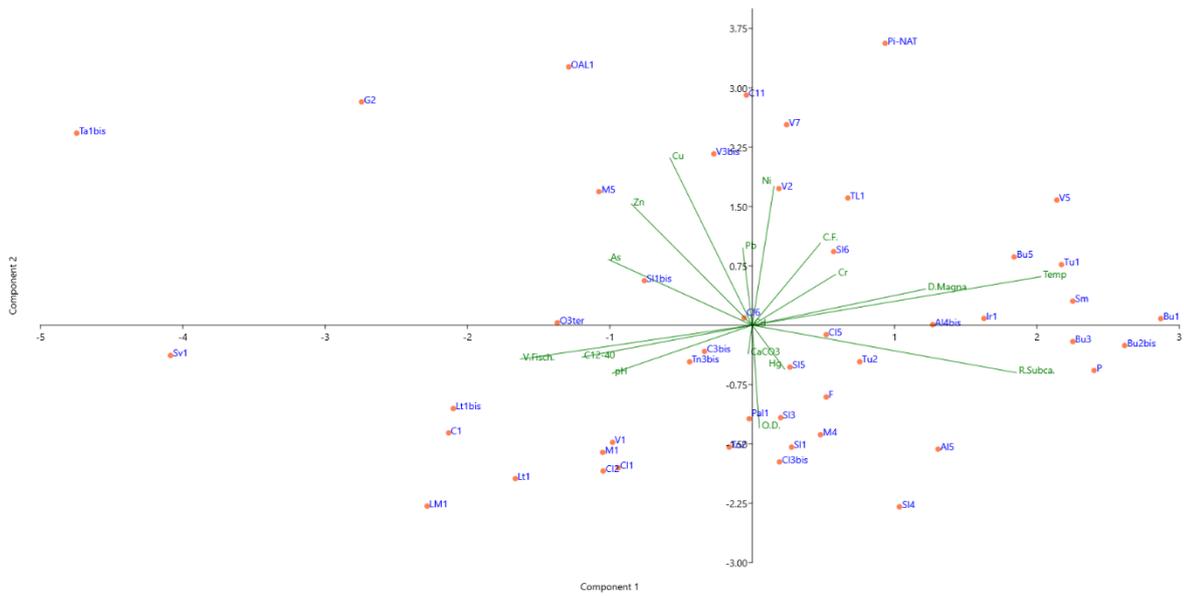


Figura 10: Grafico PCA dei campioni di acqua (autunno)

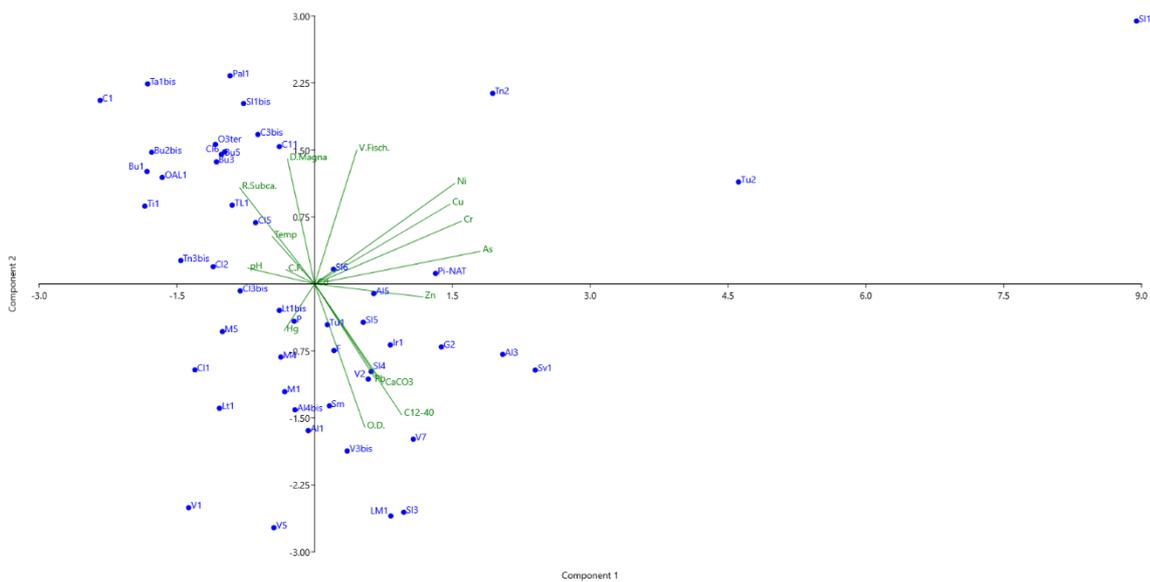


Figura 11: Grafico PCA dei campioni di acqua (inverno)

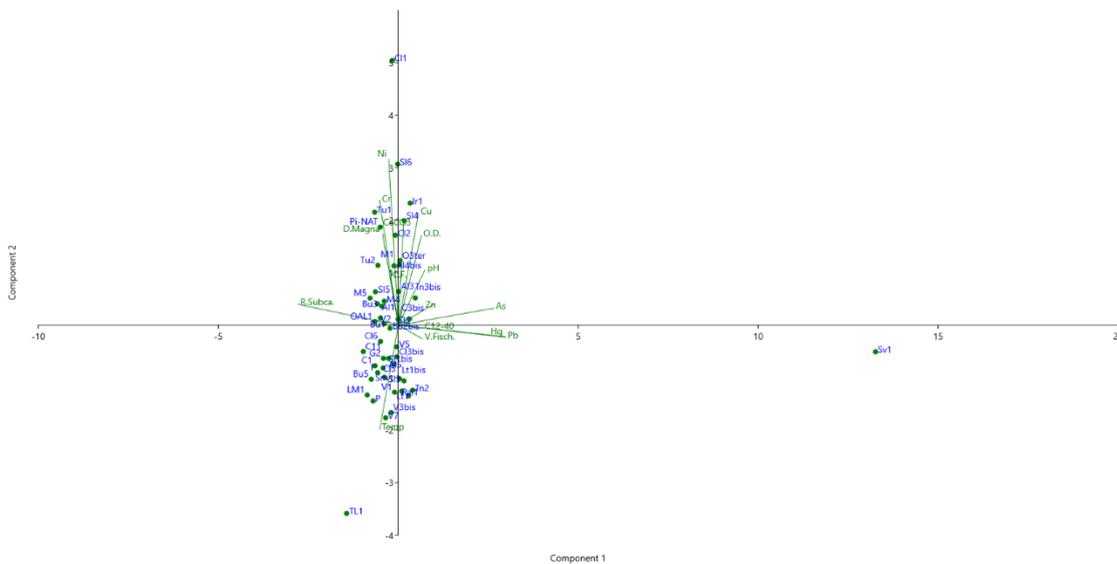


Figura 12: Grafico PCA dei campioni di acqua (primavera)

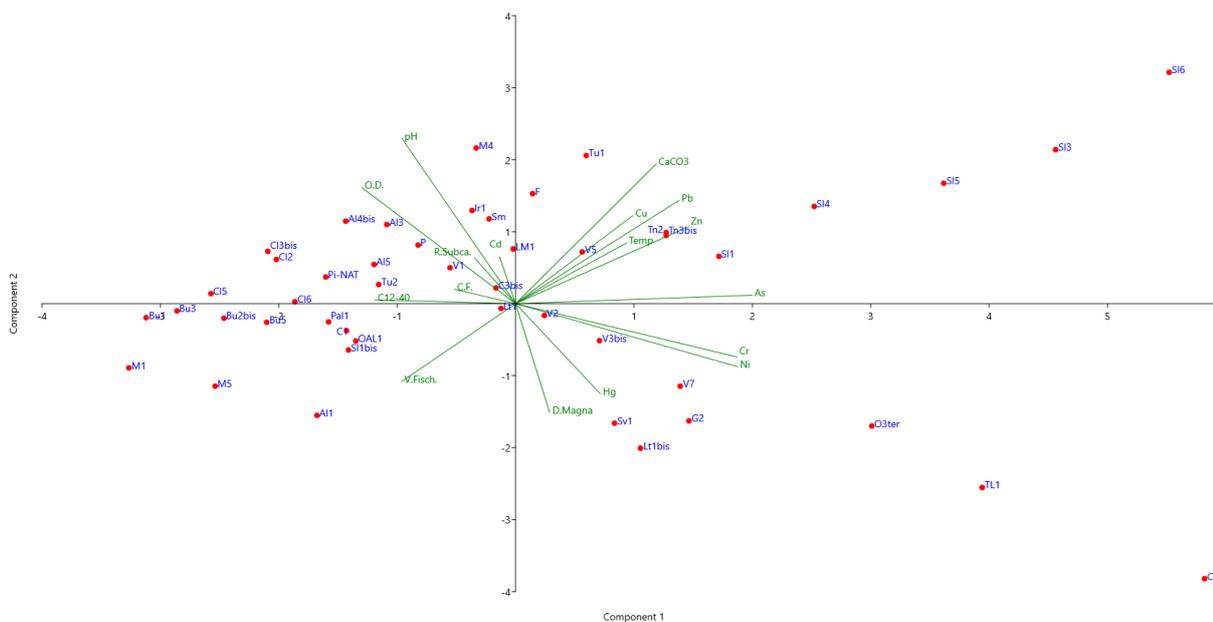


Figura 13: Grafico PCA dei campioni di acqua (estate)

La PCA eseguita sui campioni di sedimento (Fig. 14) evidenzia una buona correlazione tra Fe, Mn, Ni, Cu, Hg, Cr, Zn, Co (che risultano raggruppati e orientati nel quadrante in basso a destra del grafico), e una correlazione tra Al, V, As, Be, Pb, Cd, U, idrocarburi di origine petrolifera (raccolti e orientati invece nel quadrante in alto a destra). La disposizione dei siti di campionamento nei quadranti dove ricade il primo o il secondo gruppo di parametri correlati coincide con la maggiore presenza di tali contaminanti nei sedimenti.

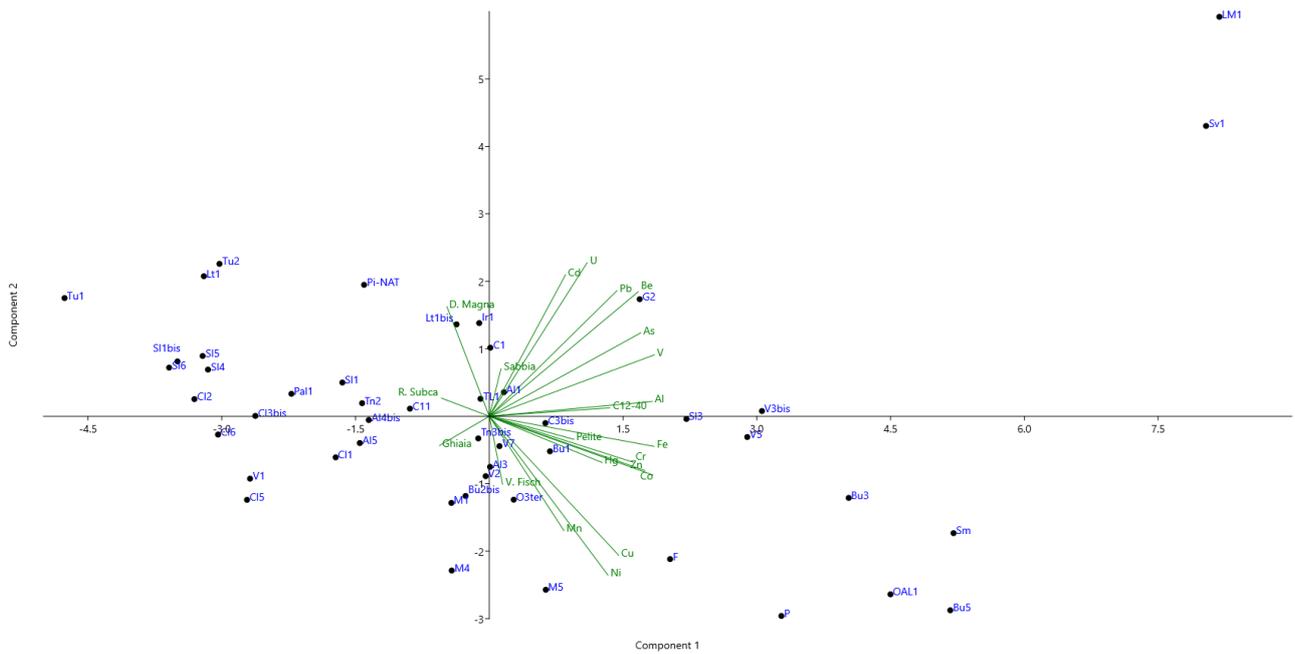


Figura 14: Grafico PCA dei campioni di sedimento

3.5 Analisi di rischio ecologico

Lo studio dei potenziali effetti avversi per organismi di acqua dolce esposti alle concentrazioni osservate dei singoli elementi potenzialmente tossici (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn) ha evidenziato assenza di rischio ecologico in tutti i siti e in tutte le stagioni monitorate. Analogamente, per la maggior parte dei siti non sono evidenziabili rischi ecologici anche esaminando gli effetti additivi posti dalla miscela degli stessi elementi ($\sum HQ < 1$); fanno eccezione solo i punti C11 in primavera e SI1 e Tn2 in inverno (Fig.10) per i quali è necessario un approfondimento e la raccolta di dati sito specifici.

Tuttavia, per un'analisi più approfondita dei risultati ed al fine di mettere in evidenza le differenze esistenti tra i siti e al variare delle stagioni, i valori delle sommatorie degli $HQ < 1$ sono stati suddivisi in due classi di pericolo (i.e., basso e medio basso), rispetto al valore mediano. In funzione di tale classificazione si è osservato che il maggior numero di siti a basso rischio è presente in autunno (57%) e in estate (66%), mentre in inverno e primavera la maggior parte dei siti è classificabile a medio basso rischio, rispettivamente il 56% e il 63% (Fig. 15).

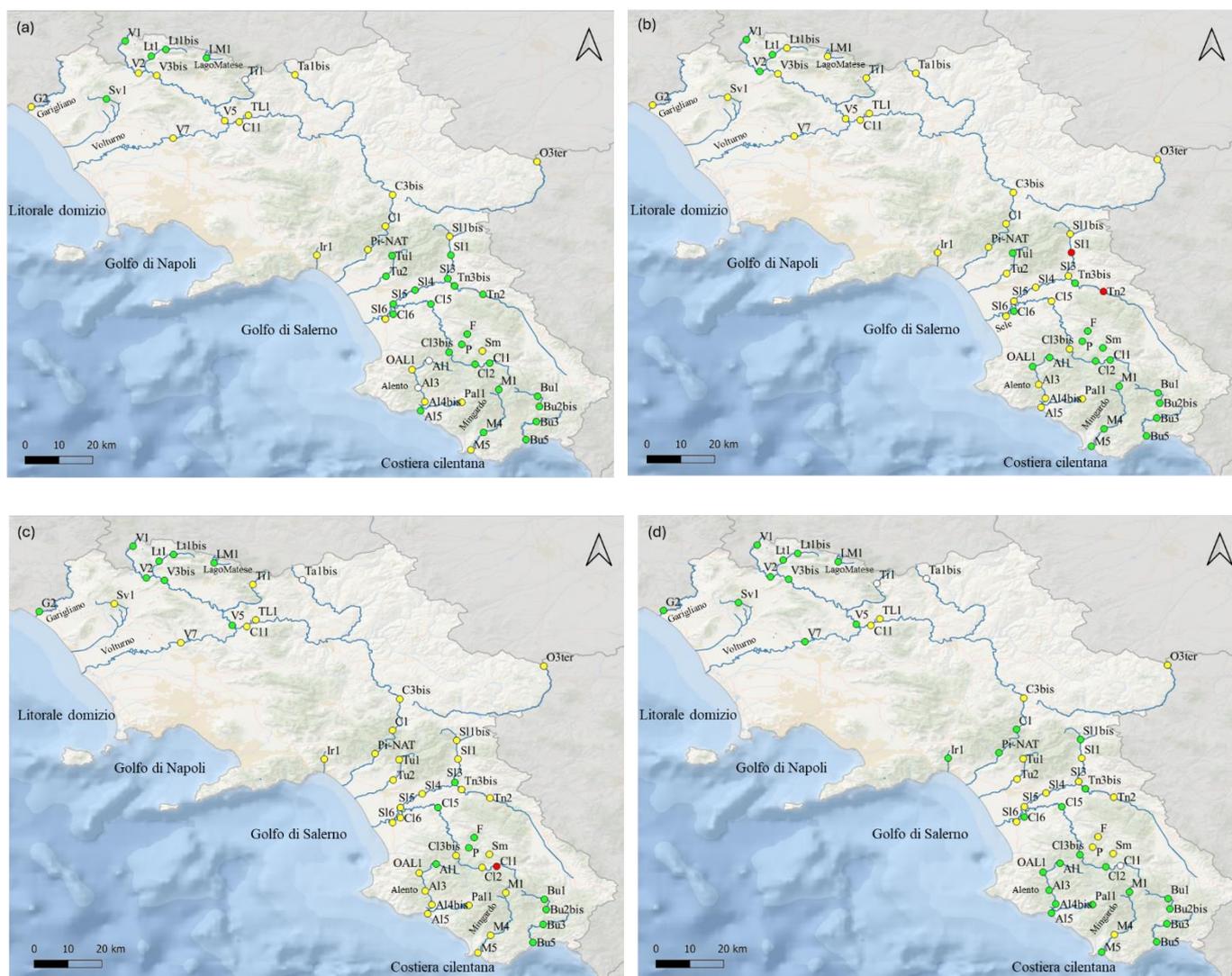


Figura 15: Potenziale rischio ecologico posto dalla miscela di metalli (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) nelle acque dei siti monitorati in autunno (a) e inverno (b) 2020 e in primavera (c) ed estate (d) 2021. In rosso i punti a cui è associato un potenziale rischio ecologico ($\Sigma HQ > 1$), in giallo quelli a rischio medio basso ($1 < \Sigma HQ < 0.12$) e in verde a basso rischio ($\Sigma HQ < 0.12$) ed in bianco i punti in secca non campionati.

Infine, è possibile osservare (Tab. 3) che il contributo percentuale dei singoli metalli ai valori di rischio cumulativo (ΣHQ) in tutte le stagioni e per la maggior parte dei siti è legato maggiormente alla presenza Cu e Zn, solo in alcuni casi è significativo anche il contributo di As (Savone, Volturno, Pietra e Sele) e Hg (Volturno e Sele), meno influenti risultano gli altri elementi.

Tab. 3: Contributo percentuale dei singoli elementi al potenziale rischio ecologico dei corpi idrici indagati. In rosso sono evidenziati i siti classificati a rischio ($\sum HQ > 1$).

		Autunno								Inverno								Primavera								Estate													
		Hg	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu	Hg	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu	Hg	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu	Hg	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu						
F. Grargiano	G2																																						
F. Volturno	V1																																						
	V2																																						
	V3bis																																						
	V5																																						
	V7																																						
F. Lete	Lt1																																						
	Lt1bis																																						
F. Savone	Sv1																																						
L. Matese	LM1																																						
L. Teleso	TL1																																						
F. Tammaro	Ta1bis																																						
F. Tiverno	Ti1																																						
F. Calore Irpino	C11																																						
	C1																																						
	C3bis																																						
F. Ofanto	O3ter																																						
F. Irno	Ir1																																						
F. Picentino	Pi-NAT																																						
F. Tusciano	Tu1																																						
	Tu2																																						
F. Sele	SI1bis																																						
	SI1																																						
	SI3																																						
	SI4																																						
	SI5																																						
	SI6																																						
F. Tanagro	Tn2																																						
	Tn3bis																																						
F. Calore Lucano	Cl1																																						
	Cl2																																						
	Cl3bis																																						
	Cl5																																						
	Cl6																																						
F. Fasanella	F																																						
F. Pietra	P																																						
F. Sammarò	Sm																																						
F. Alento	Al1																																						
	OAL1																																						
	Al3																																						
	Al4bis																																						
	Al5																																						
F. Palistro	Pa1																																						
F. Mingardo	M1																																						
	M4																																						
	M5																																						
F. Bussento	Bu1																																						
	Bu2bis																																						
	Bu3																																						
	Bu5																																						

Le concentrazioni di As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn nei sedimenti (Tab.2) sono state utilizzate per il calcolo del Toxicity Risk Index Integrato (TRI). Dai risultati ottenuti si osserva (Fig. 16) che i corsi d'acqua valutati non presentano rischi da metalli ($TRI < 5$) o sono classificati a basso rischio ($5 < TRI < 10$). Il valore più alto, $TRI = 8.82$ viene registrato nel lago Matese (LM1) mentre quello più basso, $TRI = 1.65$, nel corso d'acqua del Tusciano (Tu1).

In tutti i casi in cui si registrano livelli di basso rischio si osserva una più alta percentuale di contributo legata alla presenza di Ni, Cr e As, fanno eccezione solo il Savone (Sv1) e il lago Matese (LM1) in cui il maggiore contributo in percentuale è dato dall'arsenico (Fig. 17). Questi risultati sono coerenti con quanto già osservato nella discussione dei dati sperimentali. Infatti, le quantità determinate ricadono negli intervalli di variazione dei valori di background locali suggerendo una fonte puramente geogenica degli

elementi esaminati. I siti caratterizzati infatti ricadono in un'area naturalmente ricca di elementi come Ni, Cr e As.

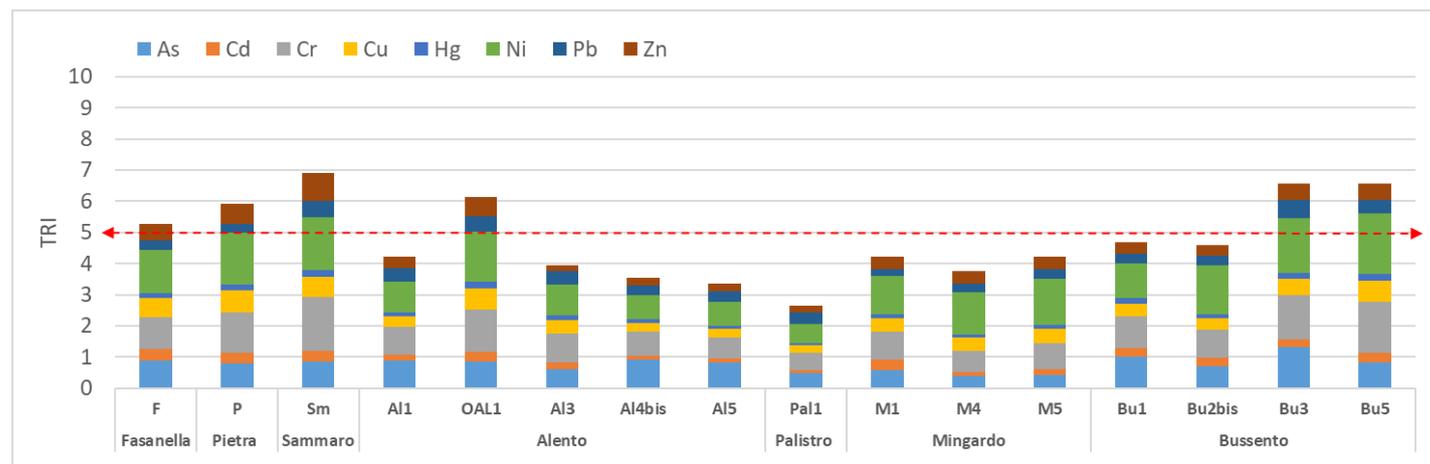
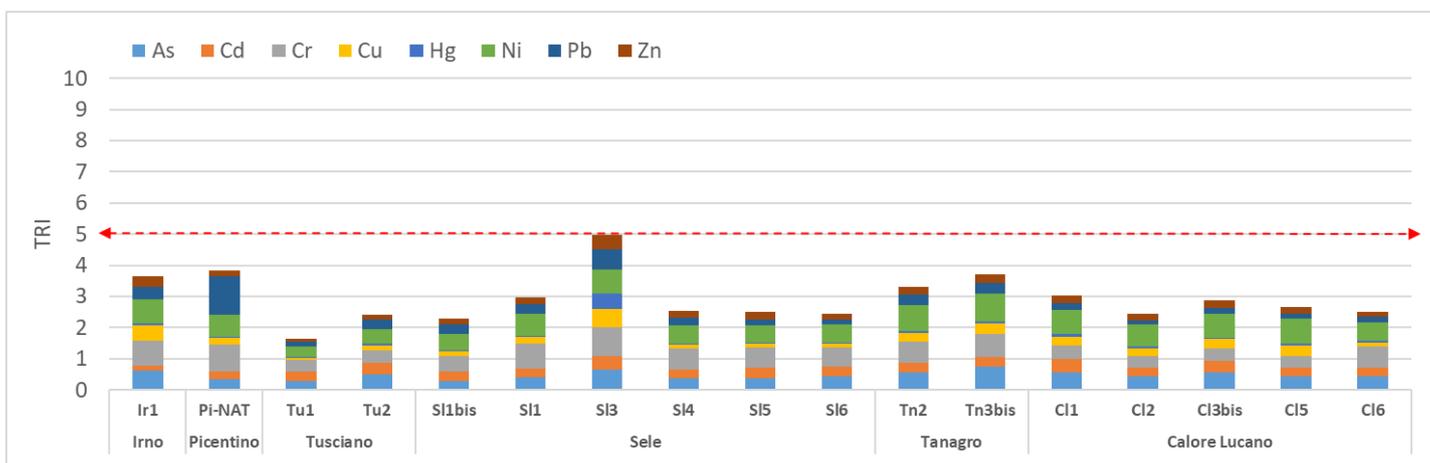
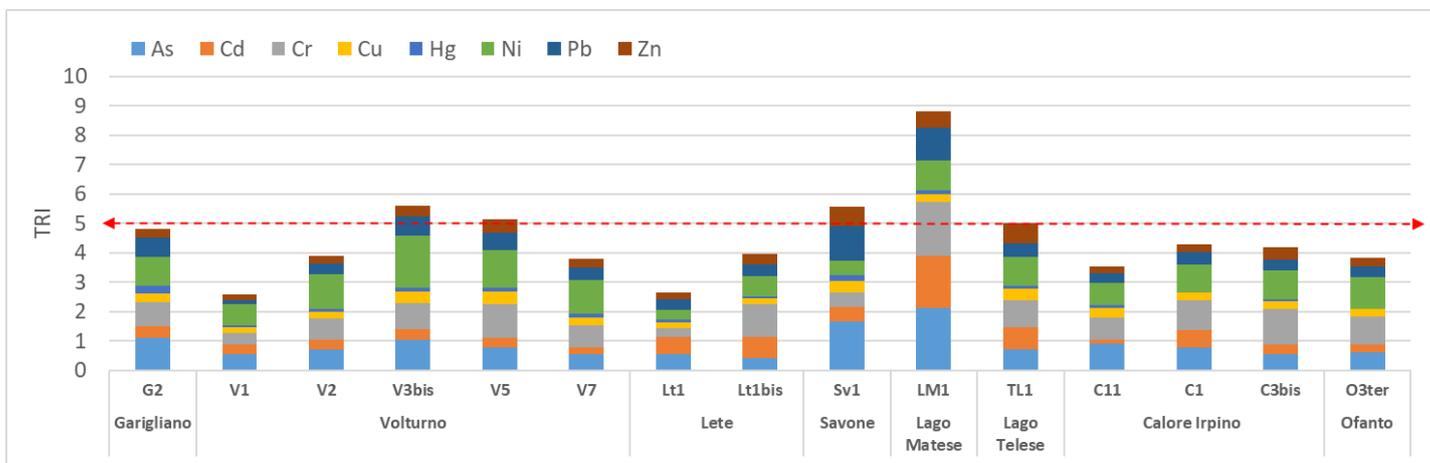


Figure 16: Indice di Tossicità di Rischio Integrato (TRI).

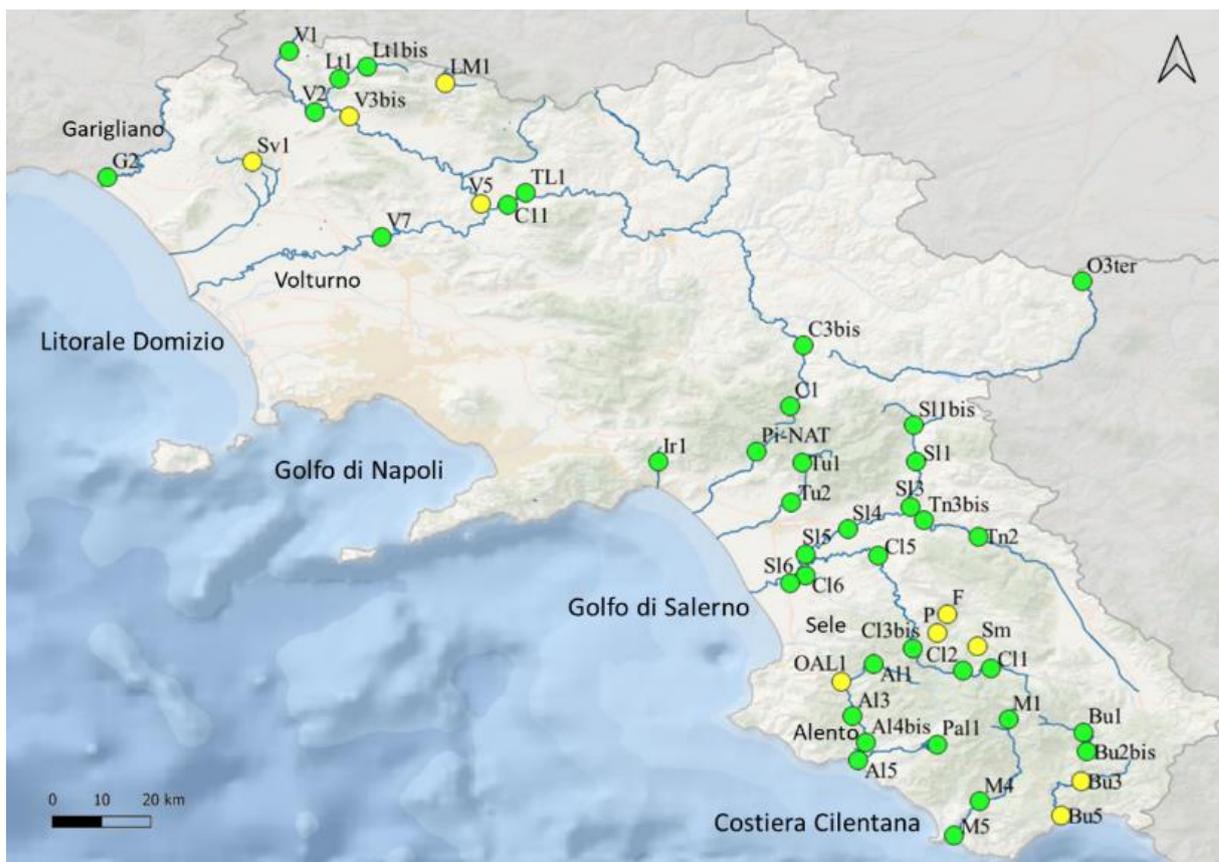


Figura 17: Potenziale rischio ecologico posto dalla miscela di metalli (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) misurati nei sedimenti. In giallo i punti con assenza di rischio ($RI \leq 5$), e in verde con moderato rischio ($5 < RI \leq 10$).

4. CONCLUSIONI

La mappatura dei livelli di contaminazione chimica delle acque (PTEs e composti fenolici) e del sedimento (PTEs, idrocarburi di origine petrolifera) dei corpi idrici interni della regione Campania, insieme alla valutazione degli effetti ecotossicologici, ha permesso di quantificare i potenziali rischi ecologici ed ecotossicologici per gli organismi presenti. I risultati ottenuti hanno escluso l'esistenza di condizioni critiche a livello locale, evidenziando al contempo la presenza di aree sensibili che necessitano di valutazioni più approfondite relativamente all'esposizione e agli effetti dei contaminanti. Queste informazioni possono essere utilizzate per pianificare in modo più efficiente le attività di monitoraggio, individuando aree adatte per la pesca e/o l'acquacoltura che possono favorire lo sviluppo economico delle comunità locali.

Da un punto di vista metodologico, questo lavoro dimostra l'importanza dell'utilizzo combinato degli indici di valutazione del rischio ecologico (HQ e TRI) ed ecotossicologico (TBI) per quantificare i rischi ambientali e identificare le miscele di contaminanti maggiormente responsabili degli effetti osservati. In tal senso, ci si propone di integrare gli indici di tossicità nella fase di prioritizzazione dei siti, per valutare gli impatti a livello ecosistemico e individuare i potenziali rischi di perdita dei servizi ecosistemici, come la conservazione della biodiversità, la fruibilità dell'acqua, la pesca, l'acquacoltura, le attività turistico-ricreative e culturali.

I primi due indici (HQ e TRI), sebbene utilizzino valori di concentrazione misurati, forniscono soltanto una stima del rischio di effetti indesiderati dovuti all'esposizione a una ipotetica miscela di contaminanti, senza considerare la loro reale biodisponibilità e gli effetti ecotossicologici osservati. Al contrario, l'indice di rischio ecotossicologico (TBI) esprime il potenziale rischio della miscela di contaminanti effettivamente biodisponibile nelle matrici ambientali indagate, basandosi su effetti realmente misurati con organismi modello. Pertanto, l'utilizzo combinato di questi indici consente di valutare la miscela di contaminanti più pericolosa per l'ecosistema e di identificare i siti maggiormente a rischio.

Infine, si ritiene che possa essere utile, per valutare la presenza dei contaminanti nella matrice acqua, impiegare campionatori passivi. Questi strumenti consentono di ottenere una misura mediata nel tempo della componente biodisponibile dei contaminanti, che è potenzialmente responsabile della loro tossicità, e permettono la quantificazione dei contaminanti anche quando questi ultimi sono presenti in concentrazioni esigue nella matrice in esame.

5. BIBLIOGRAFIA

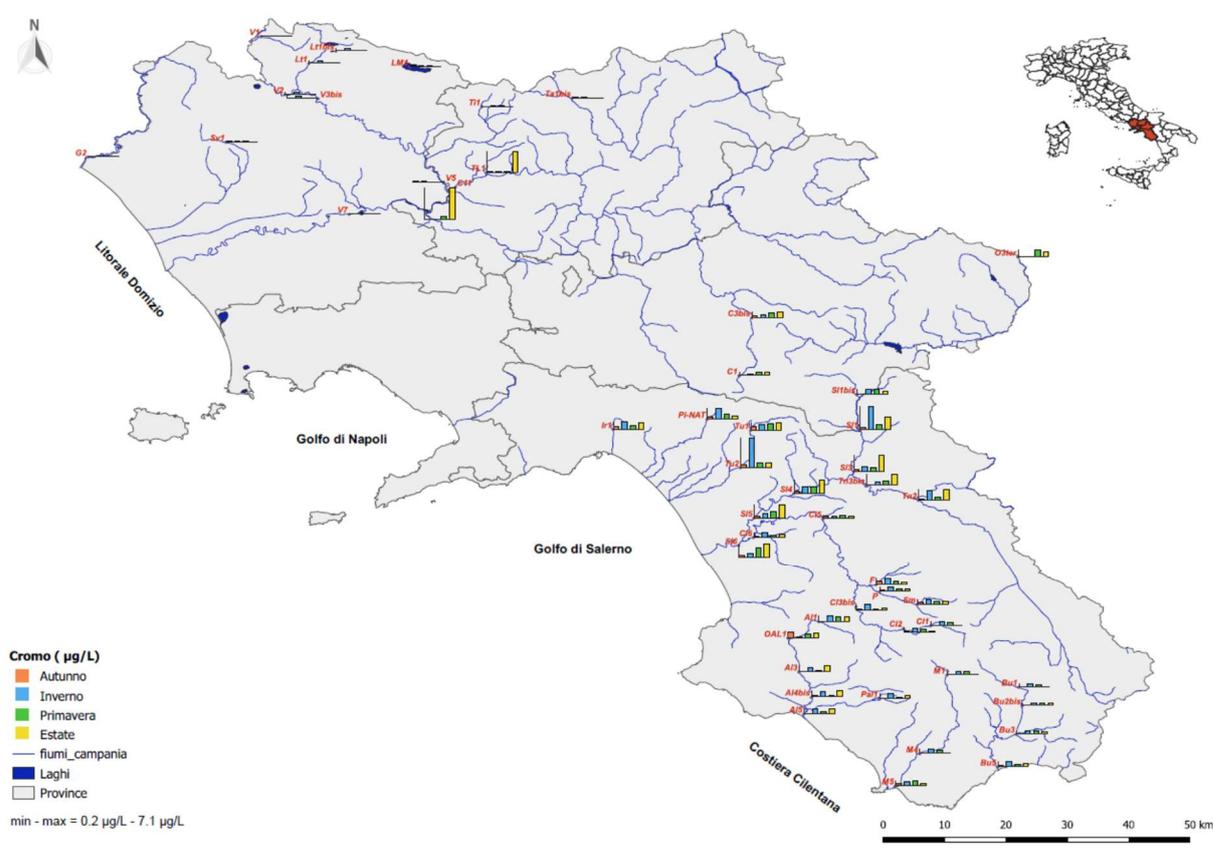
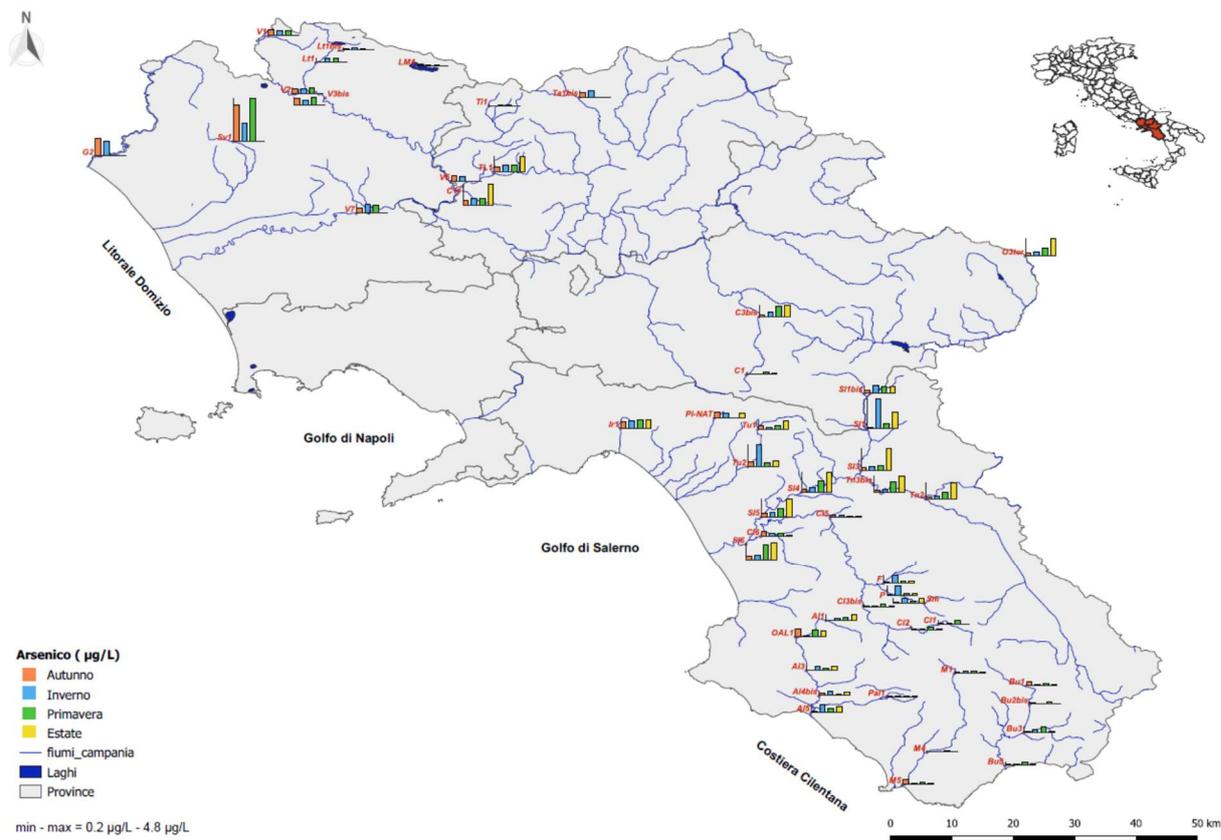
- Abbott, W.S. (1925). A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267
- Albanese, S., De Vivo, B., Lima, A., & Cicchella, D. (2007). Geochemical background and baseline values of toxic elements in stream sediments of Campania region (Italy). *Journal of Geochemical Exploration*, 93(1), 21-34.
- ARPAC (2009). 3° Relazione sullo stato dell'ambiente in Campania. Acque superficiali e sotterranee.
- Cicchella, Domenico, et al. (2023). "Major elements concentration in soils. A case study from Campania Region (Italy)." *Journal of Geochemical Exploration* 247 107179.
- ISPRA (2011). Manuali e Linee Guida, n. 75/2011. Procedura per l'analisi degli idrocarburi >C12 in suoli contaminati. ISBN 978-88-448-0523-4.
- ISPRA (2015). Manuali e Linee Guida 123/15. Procedura di misurazione per la determinazione degli idrocarburi totali nelle acque. ISBN 978-88-448-0701-6
- ISPRA (2009). Proposta per la valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti fluviali nel sito di interesse nazionale Fiumi Saline ed Alento.
- Long, E. R., & MacDonald, D. D. (1998). Recommended uses of empirically derived, sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. *Human and Ecological Risk Assessment*, 4(5), 1019-1039.
- MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G., & Berger, T. A. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 39, 20-31.
- Manzo, S., Buono, S. & Cremisini, C. (2010). Cadmium, lead and their mixtures with copper: *Paracentrotus lividus* embryotoxicity assessment, prediction, and offspring quality evaluation. *Ecotoxicology* 19, 1209-1223 <https://doi.org/10.1007/s10646-010-0506-z>
- Manzo, S., De Nicola, F., Picione, F. D. L., Maisto, G., & Alfani, A. (2008). Assessment of the effects of soil PAH accumulation by a battery of ecotoxicological tests. *Chemosphere*, 71(10), 1937-1944.
- Patacca, E. and Scandone, P. (2007). Geology of the Southern Apennines. *Bollettino della Societa Geologica Italiana Special Issue*, 7, 75-119.
- Shepard, F.P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.
- Zhang, G., Bai, J., Zhao, Q., Lu, Q., Jia, J., & Wen, X. (2016). Heavy metals in wetland soils along a wetland-forming chronosequence in the Yellow River Delta of China: Levels, sources and toxic risks. *Ecological Indicators*, 69, 331-339.

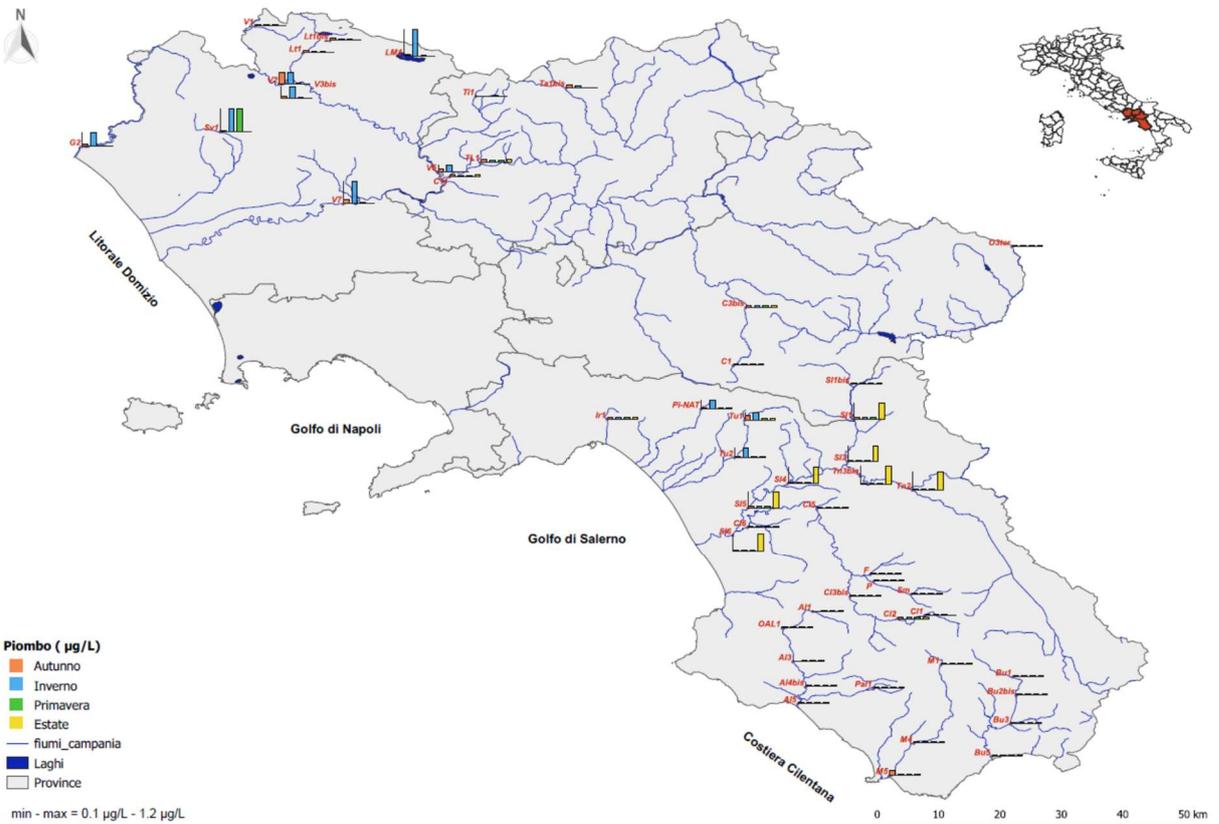
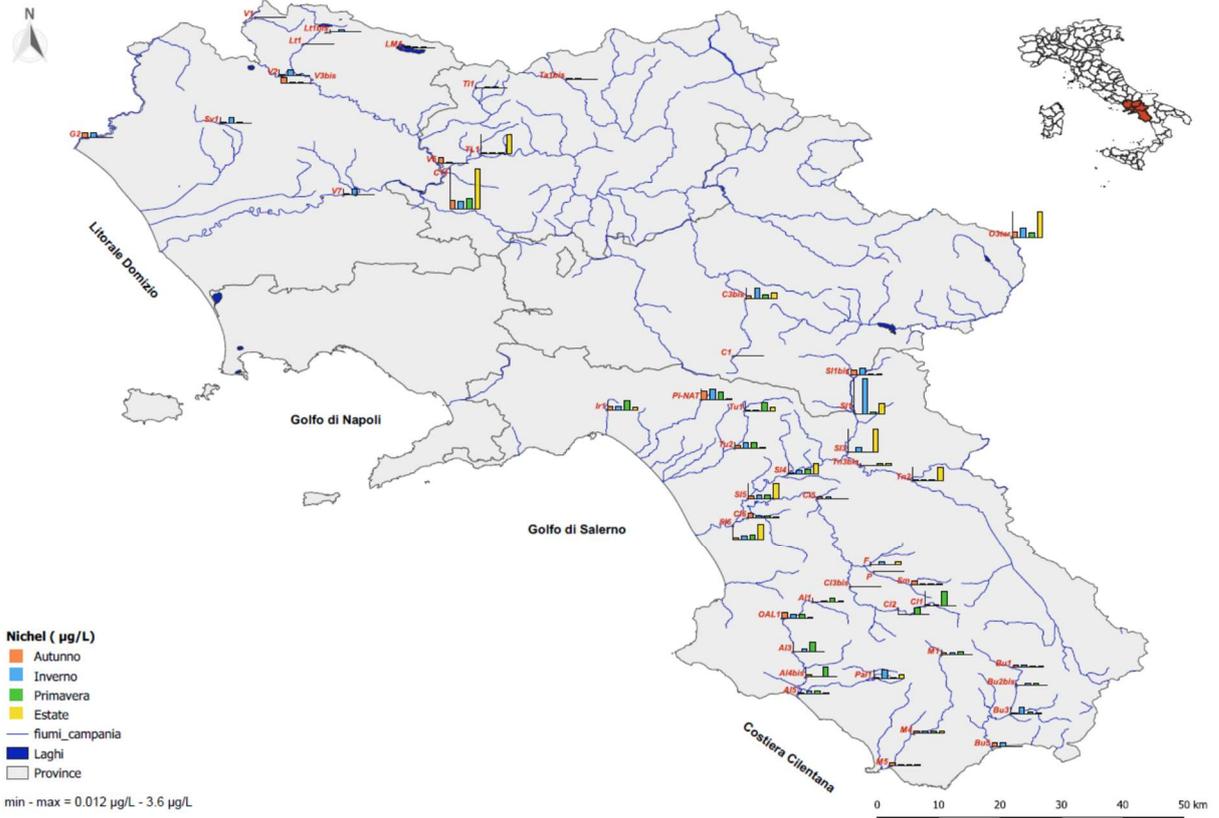
6. APPENDICE A - MAPPE DI DISTRIBUZIONE DEI CONTAMINANTI

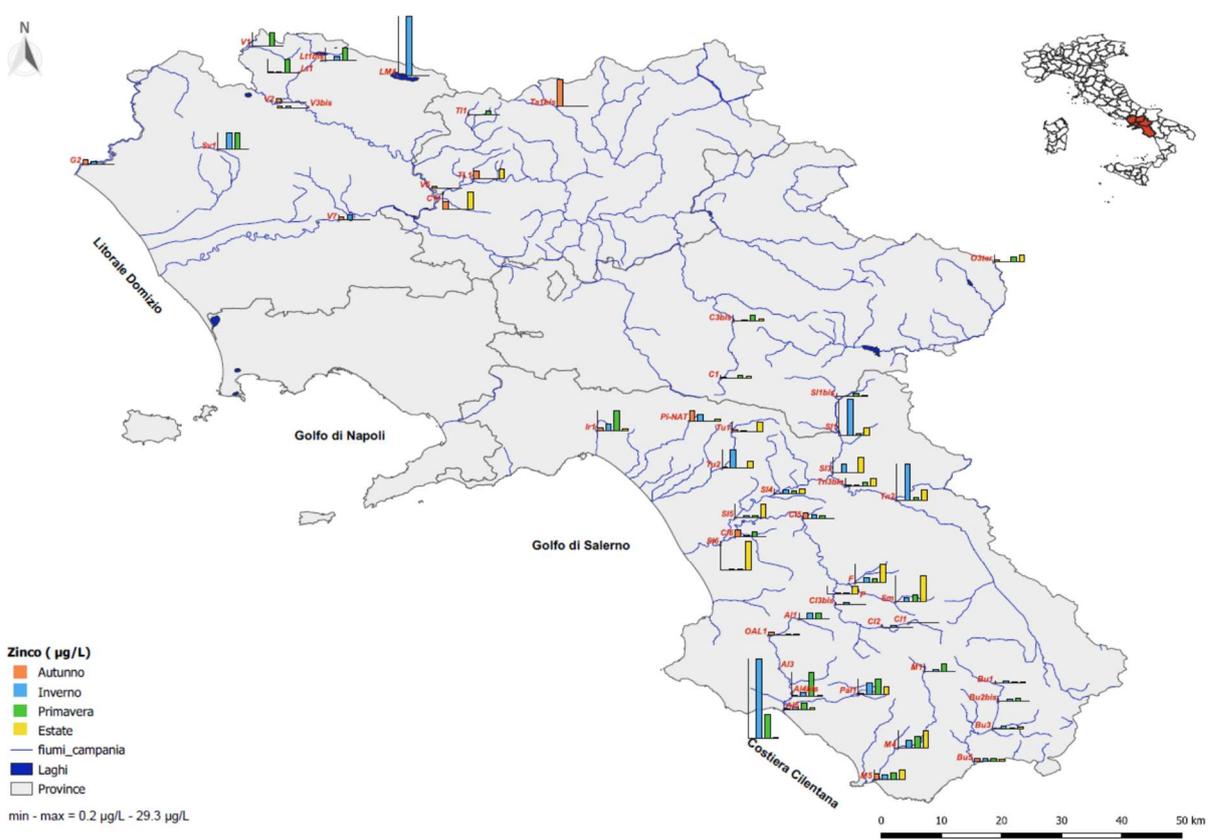
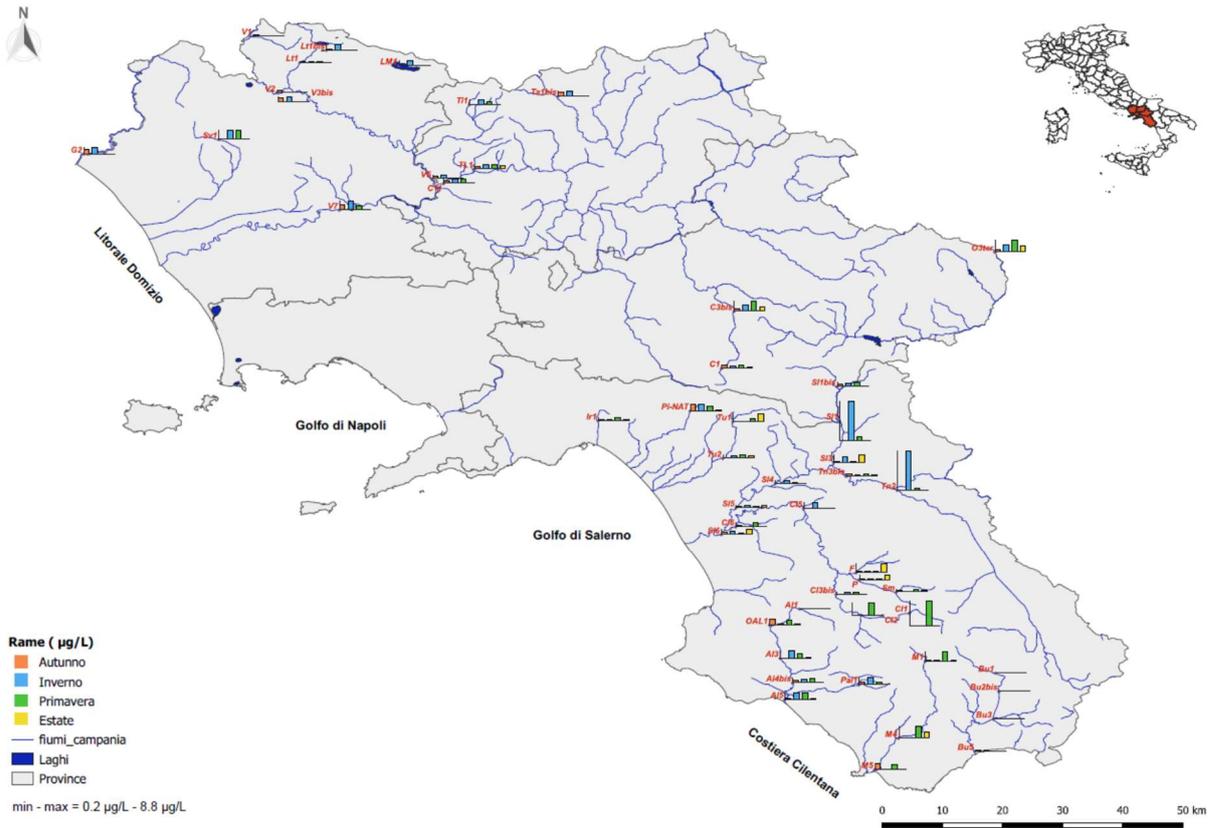
7. APPENDICE B - SCHEDE GRANULOMETRICHE

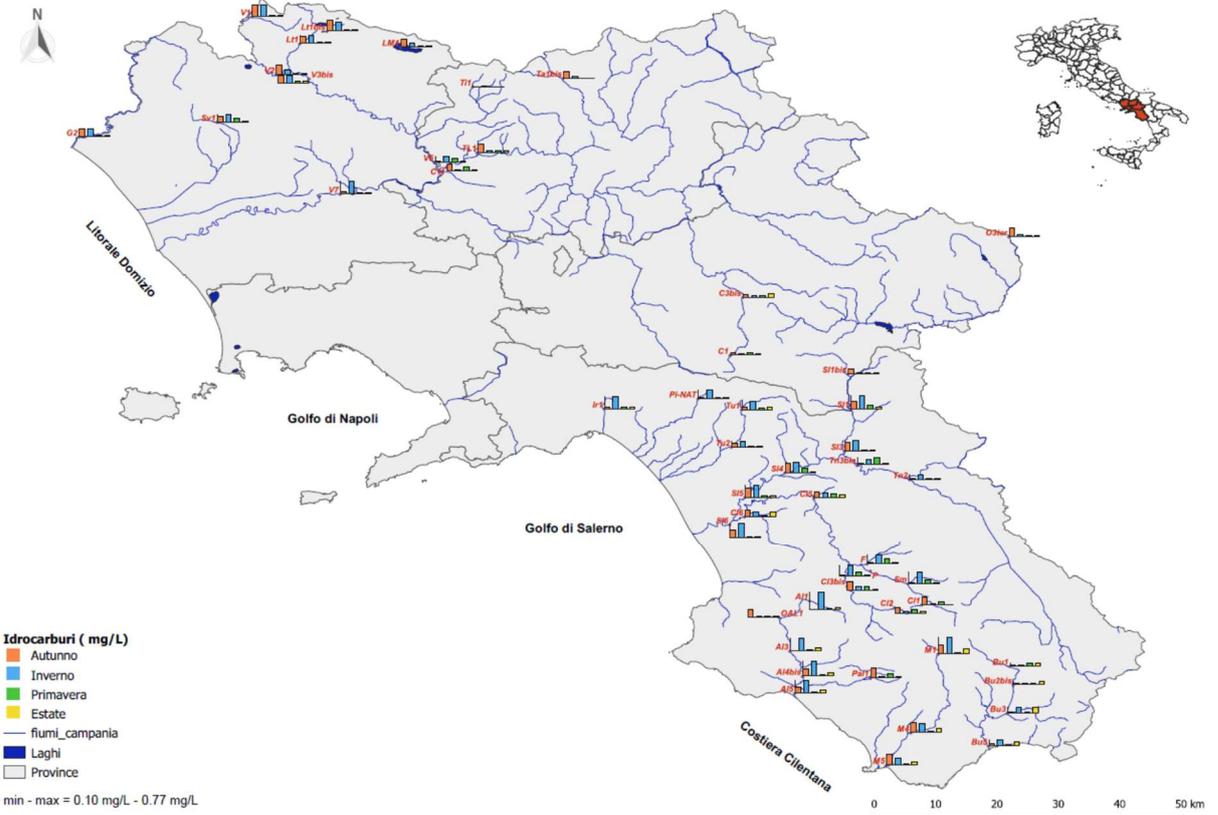
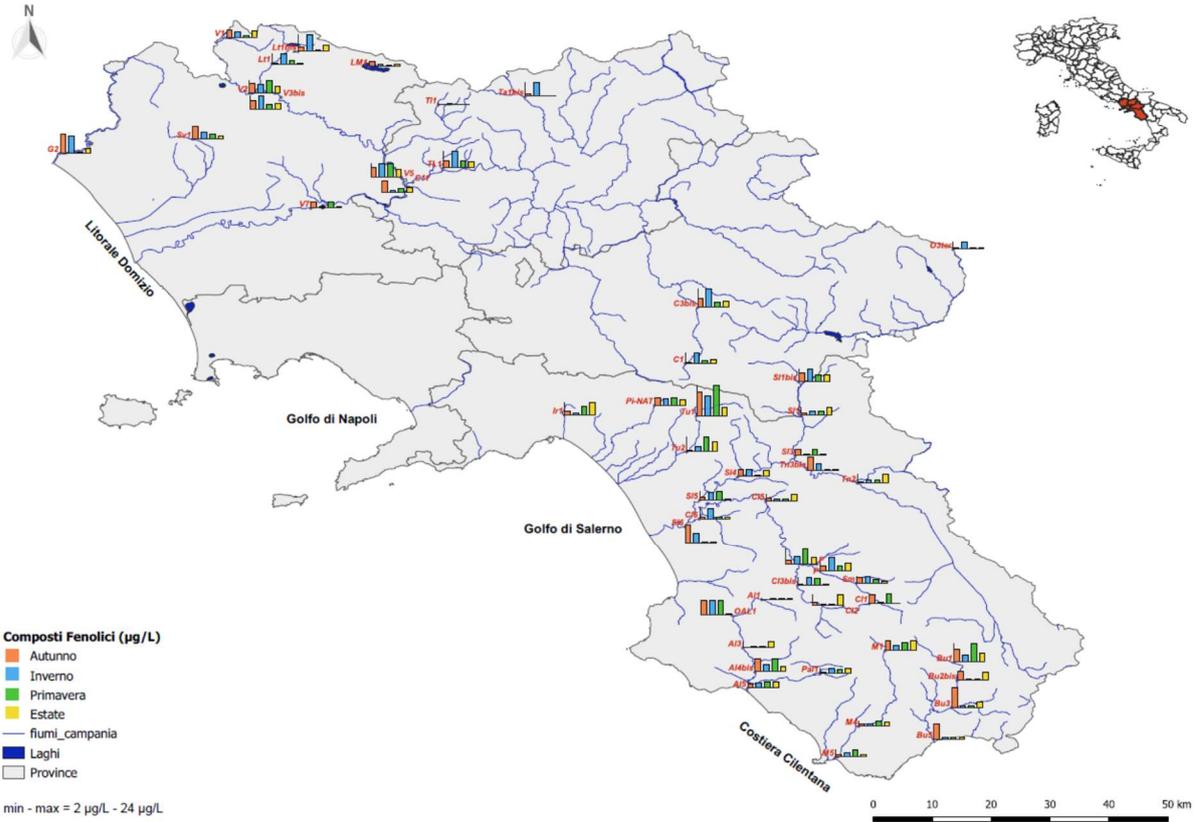
Allegato I

Mappe dell'andamento stagionale degli elementi potenzialmente tossici (As, Cr, Ni, Pb, Cu e Zn), dei composti fenolici (C_6H_5OH) e degli idrocarburi di origine petrolifera, nei 50 punti di monitoraggio delle acque interne della Regione Campania.









Allegato II

Schede granulometriche dei campioni di sedimento dei corpi idrici interni della Regione Campania.

Progetto ISSPA- Misura 1.44

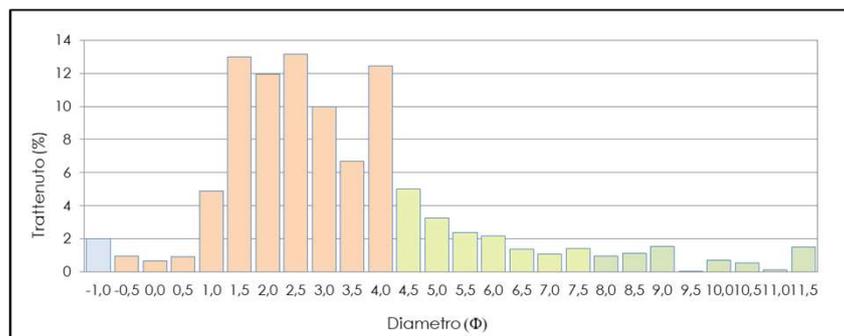
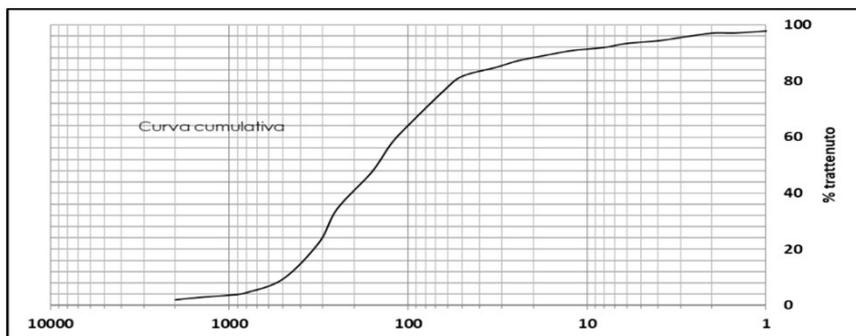


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	20/04/2021
Codice campione	A11
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	76,6
% < 63 µm	23,4

Frazione grossolana > 63 µm 76,6%				Frazione pelitica < 63 µm 23,4%	
% Ghiaia 2,0	% Sabbia 74,6	% Sabbia molto grossolana	1,6	% Limo 17,7	% Argilla 5,7
		% Sabbia grossolana	5,8		
		% Sabbia media	24,9		
		% Sabbia fine	23,1		
		% Sabbia finissima	19,2		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	2,0	2,0
-0,5	1,410	0,9	3,0
0	1,000	0,7	3,7
0,5	0,710	0,9	4,6
1	0,500	4,9	9,5
1,5	0,350	13,0	22,4
2	0,250	11,9	34,4
2,5	0,177	13,2	47,5
3	0,125	10,0	57,5
3,5	0,088	6,7	64,2
4	0,063	12,5	76,6
4,5	50	5,0	81,7
5,0	32	3,3	84,9
5,5	24	2,4	87,3
6,0	16	2,2	89,5
6,5	12	1,4	90,9
7,0	8	1,1	92,0
7,5	6	1,4	93,4
8,0	4	1,0	94,3
8,5	3	1,1	95,5
9,0	2	1,6	97,1
9,5	1,5	0,0	97,1
10,0	1	0,7	97,8
10,5	0,75	0,5	98,3
11,0	0,5	0,1	98,5
11,5	0,25	1,5	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	2,919
Mode	2,500
Median	2,644
Skewness	0,345
Kurtosis	1,510
Standard deviation	2,037
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	0,415
16	1,396
25	1,737
50	2,644
75	3,900
84	4,718
95	8,381

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia pelitica**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

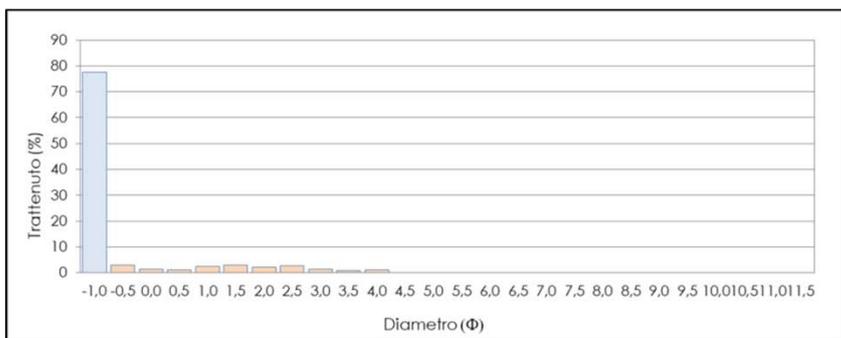
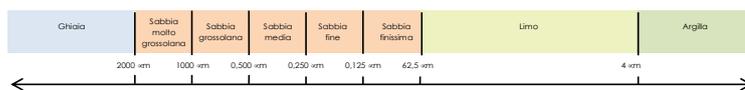
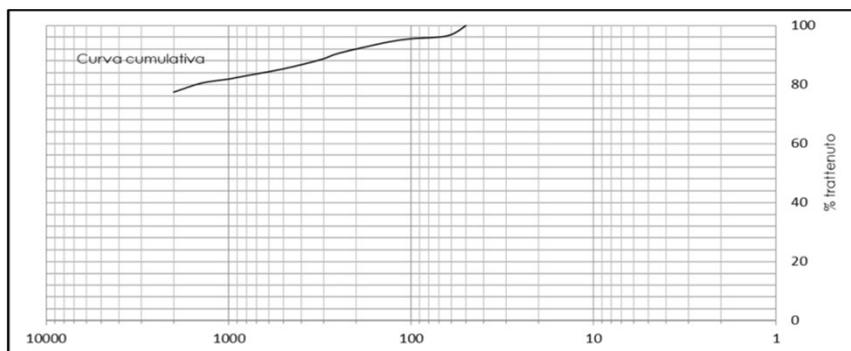
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	28/06/2021
Codice campione	A13
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	100
% > 63 μ m	96,5
% < 63 μ m	3,5

Frazione grossolana > 63 μ m				96,5%	Frazione pelitica < 63 μ m		3,5%
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	4,4	% Limo	% Argilla		
		% Sabbia grossolana	3,5				
		% Sabbia media	5,2				
		% Sabbia fine	4,1				
		% Sabbia finissima	1,8				

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	77,5	77,5
-0,5	1,410	3,0	80,5
0	1,000	1,4	81,9
0,5	0,710	1,1	83,0
1	0,500	2,3	85,3
1,5	0,350	3,1	88,4
2	0,250	2,2	90,6
2,5	0,177	2,8	93,4
3	0,125	1,3	94,7
3,5	0,088	0,8	95,5
4	0,063	1,0	96,5
4,5-11,5	< 0,063	3,5	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	
84	0,737
95	3,059

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato

Ghiaia

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

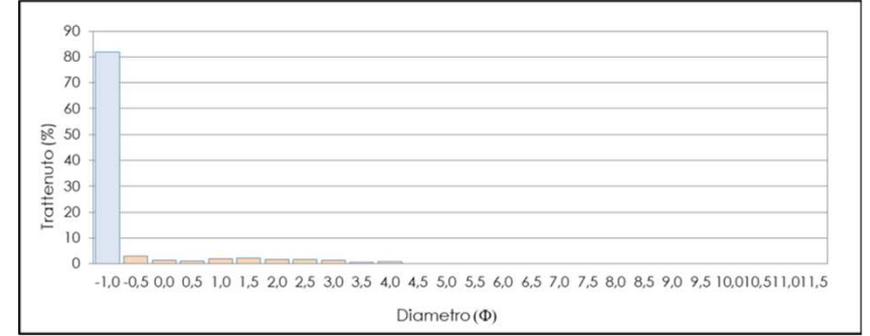
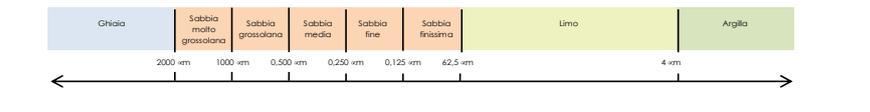
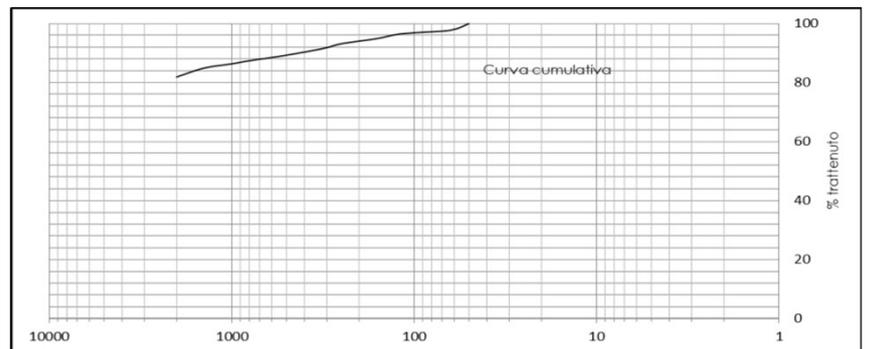


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	28/06/2021
Codice campione	Al4bis
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	100
% > 63 μm	97,7
% < 63 μm	2,3

Frazione grossolana > 63 μm 97,7%				Frazione pelitica < 63 μm 2,3%	
% Ghiaia 81,9	% Sabbia 15,8	% Sabbia molto grossolana	4,4	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	2,9		
		% Sabbia media	3,9		
		% Sabbia fine	3,1		
		% Sabbia finissima	1,5		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	81,9	81,9
-0,5	1,410	3,0	84,9
0	1,000	1,4	86,3
0,5	0,710	1,1	87,4
1	0,500	1,9	89,3
1,5	0,350	2,3	91,6
2	0,250	1,6	93,2
2,5	0,177	1,7	94,9
3	0,125	1,4	96,3
3,5	0,088	0,6	96,9
4	0,063	0,9	97,7
4,5-11,5	< 0,063	2,3	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	
84	-0,766
95	2,644

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato **Ghiaia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

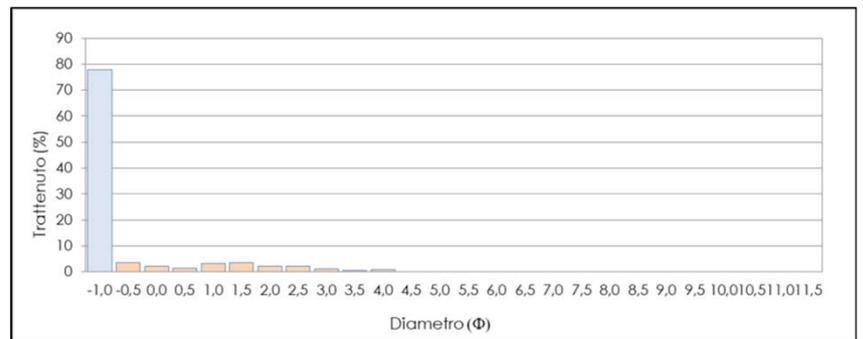
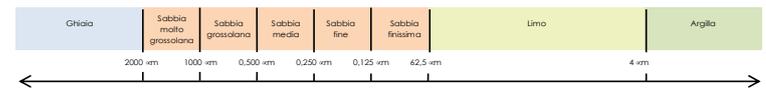
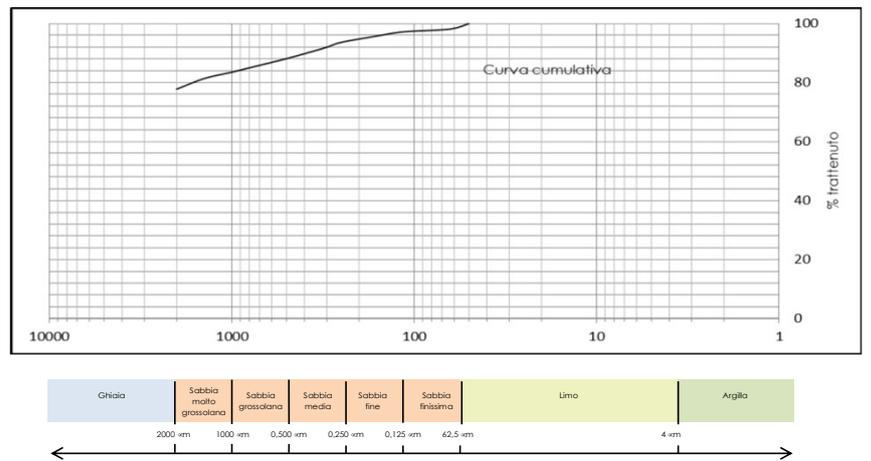


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	28/06/2021
Codice campione	A15
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	100
% > 63 µm	98,1
% < 63 µm	1,9

Frazione grossolana > 63 µm 98,1%				Frazione pelitica < 63 µm 1,9%	
% Ghiaia 77,8	% Sabbia 20,3	% Sabbia molto grossolana	5,7	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	4,6		
		% Sabbia media	5,5		
		% Sabbia fine	3,3		
		% Sabbia finissima	1,2		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	77,8	77,8
-0,5	1,410	3,6	81,4
0	1,000	2,1	83,5
0,5	0,710	1,5	85,0
1	0,500	3,1	88,1
1,5	0,350	3,5	91,6
2	0,250	2,1	93,6
2,5	0,177	2,1	95,8
3	0,125	1,1	96,9
3,5	0,088	0,5	97,4
4	0,063	0,7	98,1
4,5-11,5	< 0,063	1,9	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	
84	0,152
95	2,474

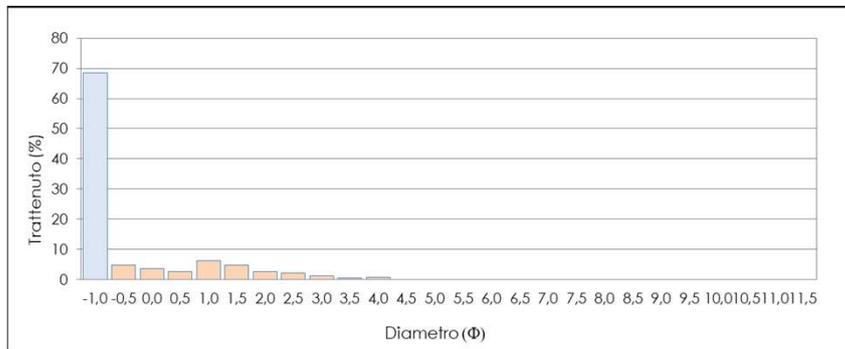
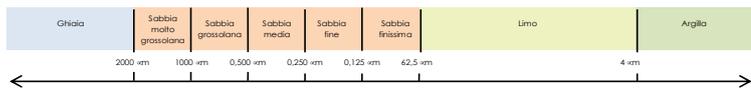
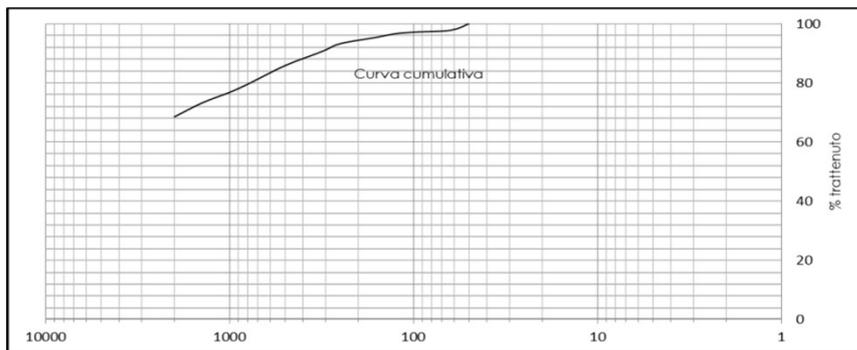
Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Ghiaia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	05/05/2021
Codice campione	Bu1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	97,7
% < 63 µm	2,3

Frazione grossolana > 63 µm 97,7%				Frazione pelitica < 63 µm 2,3%	
% Ghiaia 68,4	% Sabbia 29,3	% Sabbia molto grossolana	8,3	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	9,1		
		% Sabbia media	7,4		
		% Sabbia fine	3,4		
		% Sabbia finissima	1,1		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	68,4	68,4
-0,5	1,410	4,7	73,2
0	1,000	3,6	76,8
0,5	0,710	2,7	79,5
1	0,500	6,3	85,8
1,5	0,350	4,8	90,6
2	0,250	2,6	93,2
2,5	0,177	2,1	95,3
3	0,125	1,2	96,6
3,5	0,088	0,5	97,1
4	0,063	0,6	97,7
4,5-11,5	< 0,063	2,3	100



Parametri statistici	
Mean (φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	-0,322
84	0,761
95	2,644

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato*

Ghiaia sabbiosa

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

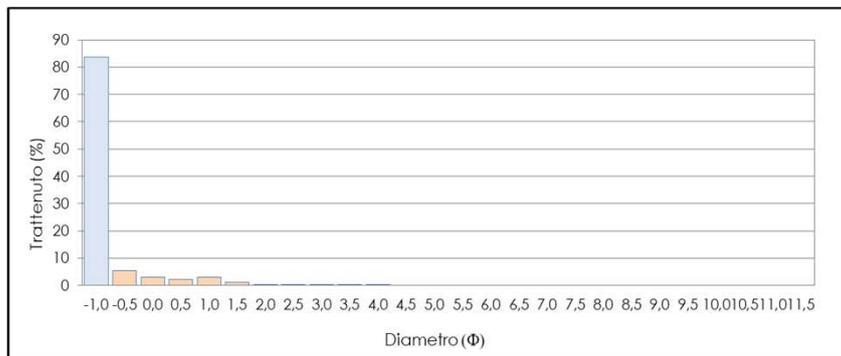
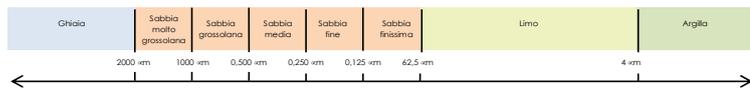
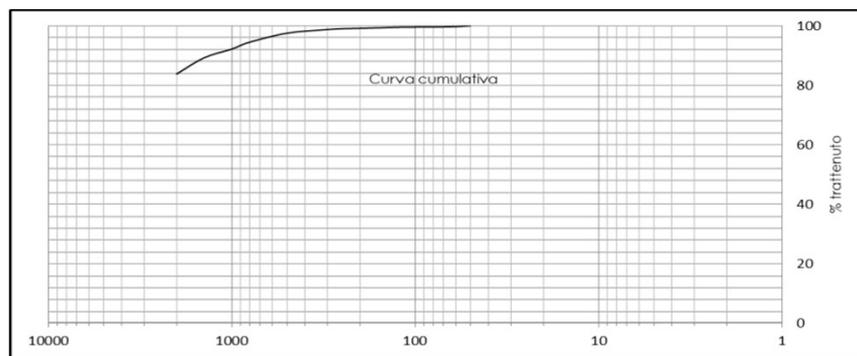


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	05/05/2021
Codice campione	Bu2bis
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	99,6
% < 63 μm	0,4

Frazione grossolana > 63 μm 99,6%				Frazione pelitica < 63 μm 0,4%	
% Ghiaia 83,7	% Sabbia 15,9	% Sabbia molto grossolana	8,4	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	5,3		
		% Sabbia media	1,5		
		% Sabbia fine	0,5		
		% Sabbia finissima	0,2		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	83,7	83,7
-0,5	1,410	5,5	89,2
0	1,000	2,9	92,1
0,5	0,710	2,3	94,4
1	0,500	3,0	97,5
1,5	0,350	1,1	98,6
2	0,250	0,4	99,0
2,5	0,177	0,3	99,3
3	0,125	0,2	99,4
3,5	0,088	0,1	99,5
4	0,063	0,1	99,6
4,5-11,5	< 0,063	0,4	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	
84	-1,000
95	0,515

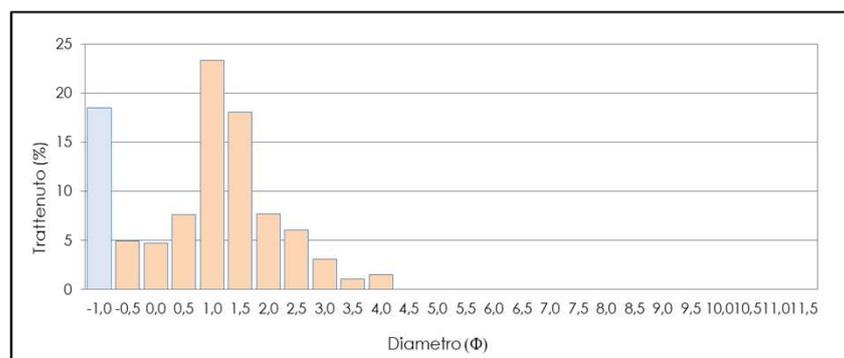
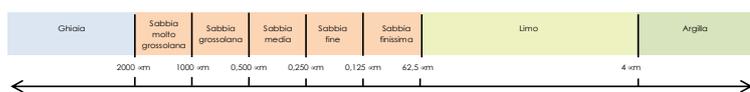
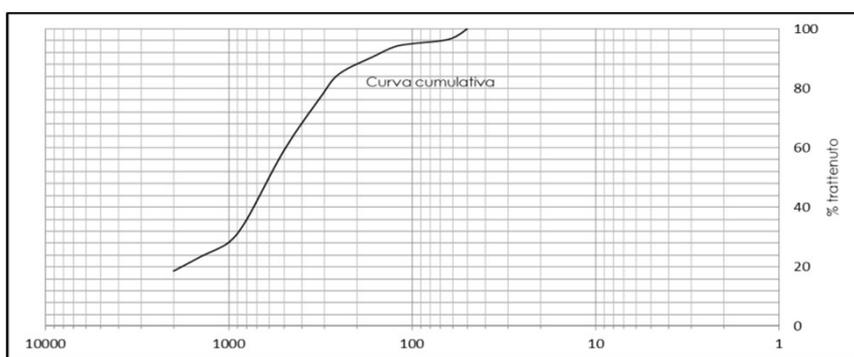
Classificazione secondo Shepard (1954) modificato **Ghiaia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	05/05/2021
Codice campione	Bu3
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	96,4
% < 63 μm	3,6

Frazione grossolana > 63 μm 96,4%				Frazione pelitica < 63 μm 3,6%	
% Ghiaia 18,5	% Sabbia 77,9	% Sabbia molto grossolana	9,6	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	31,0		
		% Sabbia media	25,7		
		% Sabbia fine	9,1		
		% Sabbia finissima	2,5		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	18,5	18,5
-0,5	1,410	4,9	23,4
0	1,000	4,7	28,1
0,5	0,710	7,6	35,8
1	0,500	23,3	59,1
1,5	0,350	18,0	77,1
2	0,250	7,7	84,8
2,5	0,177	6,0	90,9
3	0,125	3,1	93,9
3,5	0,088	1,1	95,0
4	0,063	1,5	96,4
4,5-11,5	< 0,063	3,6	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	1,000
Median	0,737
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	-0,379
50	0,737
75	1,737
84	1,889
95	3,474

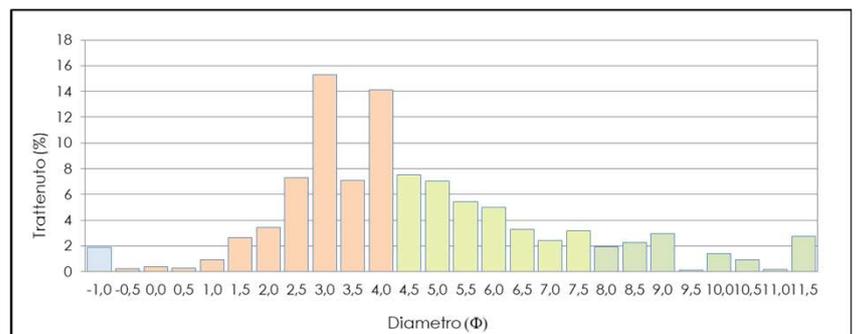
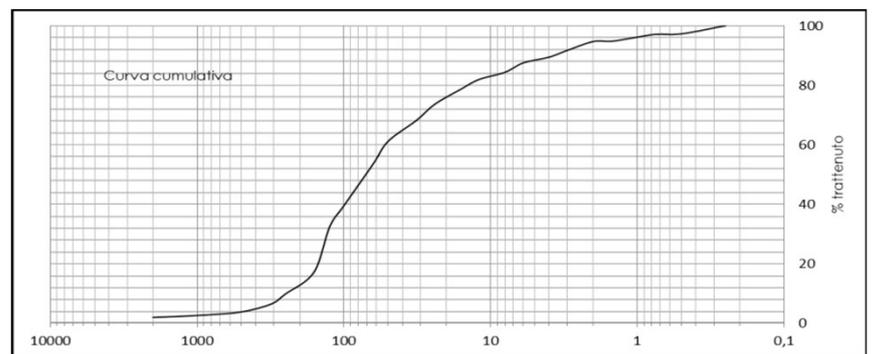
Classificazione secondo Shepard (1954) modificato*	Sabbia
--	---------------

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	05/05/2021
Codice campione	Bu5
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	53,6
% < 63 μm	46,4

Frazione grossolana > 63 μm 53,6%				Frazione pelitica < 63 μm 46,4%	
% Ghiaia 1,9	% Sabbia 51,7	% Sabbia molto grossolana	0,6	% Limo 35,6	% Argilla 10,6
		% Sabbia grossolana	1,2		
		% Sabbia media	6,1		
		% Sabbia fine	22,6		
		% Sabbia finissima	21,2		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	1,9	1,9
-0,5	1,410	0,2	2,1
0	1,000	0,4	2,5
0,5	0,710	0,3	2,8
1	0,500	0,9	3,7
1,5	0,350	2,6	6,3
2	0,250	3,4	9,7
2,5	0,177	7,3	17,0
3	0,125	15,3	32,4
3,5	0,088	7,1	39,4
4	0,063	14,1	53,6
4,5	50	7,5	61,1
5,0	32	7,1	68,1
5,5	24	5,4	73,6
6,0	16	5,0	78,6
6,5	12	3,3	81,9
7,0	8	2,4	84,3
7,5	6	3,2	87,5
8,0	4	2,0	89,4
8,5	3	2,3	91,7
9,0	2	3,0	94,7
9,5	1,5	0,1	94,8
10,0	1	1,4	96,1
10,5	0,75	0,9	97,1
11,0	0,5	0,2	97,3
11,5	0,25	2,7	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	1,131
Mode	3,000
Median	0,515
Skewness	0,405
Kurtosis	1,269
Standard deviation	2,355
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	-2,000
16	-0,766
25	-0,485
50	0,515
75	2,184
84	3,644
95	6,265

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia pelitica**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

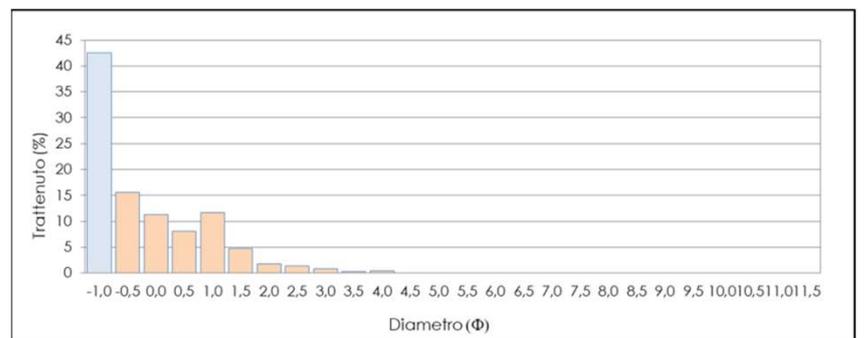
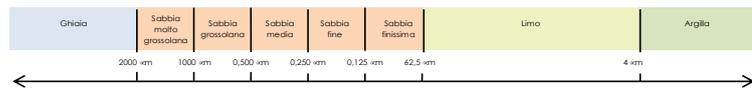
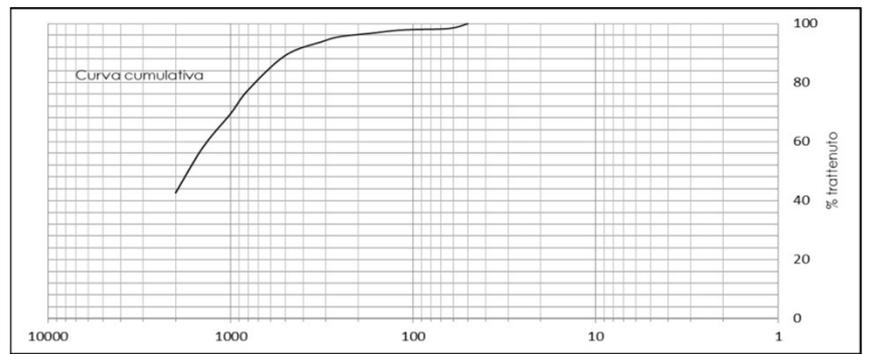
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	16/06/2021
Codice campione	C1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	98,3
% < 63 μm	1,7

Frazione grossolana > 63 μm 98,3%				Frazione pelitica < 63 μm 1,7%	
% Ghiaia 42,6	% Sabbia 55,7	% Sabbia molto grossolana	26,8	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	19,7		
		% Sabbia media	6,4		
		% Sabbia fine	2,1		
		% Sabbia finissima	0,7		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	42,6	42,6
-0,5	1,410	15,5	58,1
0	1,000	11,3	69,4
0,5	0,710	8,1	77,5
1	0,500	11,7	89,2
1,5	0,350	4,7	93,9
2	0,250	1,7	95,6
2,5	0,177	1,3	96,9
3	0,125	0,8	97,6
3,5	0,088	0,3	98,0
4	0,063	0,4	98,3
4,5-11,5	< 0,063	1,7	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	-0,807
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	-0,807
75	0,201
84	0,667
95	1,837

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato	Sabbia ghiaiosa
---	------------------------

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

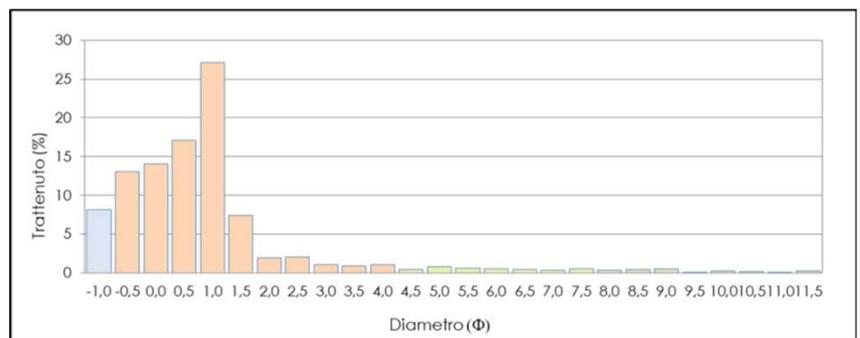
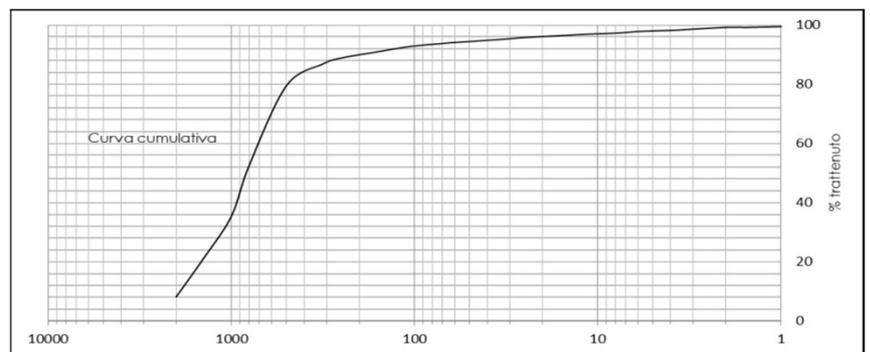


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	16/06/2021
Codice campione	C3bis
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	94,0
% < 63 µm	6,0

Frazione grossolana > 63 µm 94,0%				Frazione pelitica < 63 µm 6,0%	
% Ghiaia 8,2	% Sabbia 85,8	% Sabbia molto grossolana	27,1	% Limo 4,2	% Argilla 1,8
		% Sabbia grossolana	44,2		
		% Sabbia media	9,4		
		% Sabbia fine	3,1		
		% Sabbia finissima	2,0		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	8,2	8,2
-0,5	1,410	13,1	21,2
0	1,000	14,1	35,3
0,5	0,710	17,1	52,4
1	0,500	27,1	79,5
1,5	0,350	7,4	86,9
2	0,250	2,0	88,9
2,5	0,177	2,1	90,9
3	0,125	1,1	92,1
3,5	0,088	0,9	92,9
4	0,063	1,1	94,0
4,5	50	0,4	94,5
5,0	32	0,8	95,3
5,5	24	0,6	95,9
6,0	16	0,6	96,4
6,5	12	0,4	96,9
7,0	8	0,4	97,3
7,5	6	0,6	97,8
8,0	4	0,4	98,2
8,5	3	0,4	98,6
9,0	2	0,6	99,2
9,5	1,5	0,0	99,2
10,0	1	0,2	99,5
10,5	0,75	0,2	99,7
11,0	0,5	0,1	99,7
11,5	0,25	0,3	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	0,281
Mode	1,000
Median	0,286
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	-0,766
25	-0,379
50	0,286
75	0,862
84	1,322
95	4,878

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato*

Sabbia

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

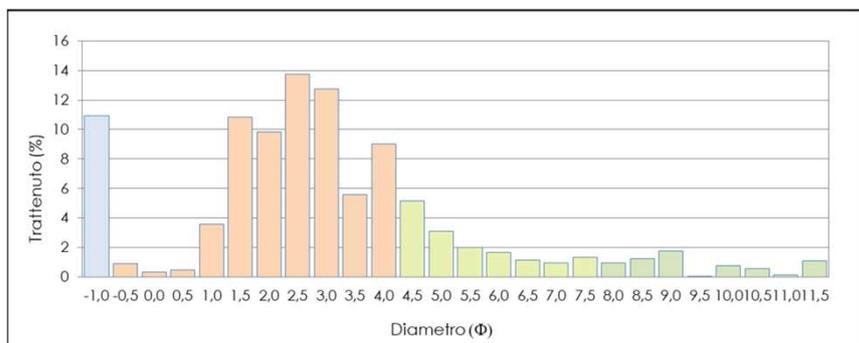
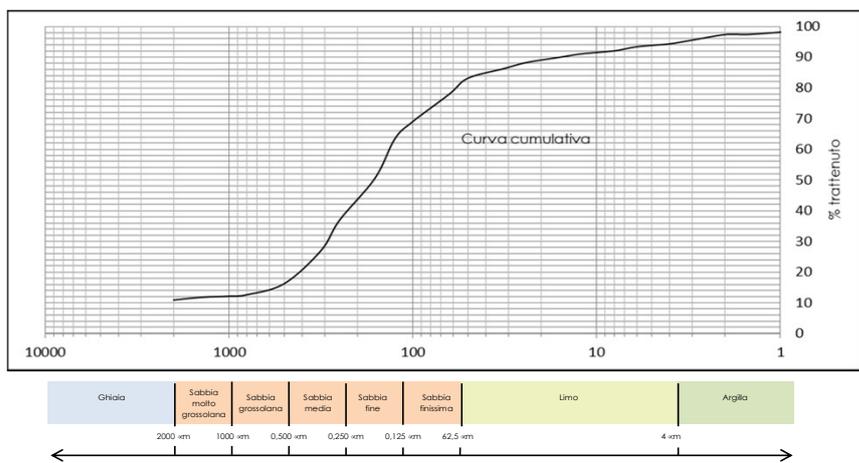
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	12/07/2021
Codice campione	C11
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	78,1
% < 63 µm	21,9

Frazione grossolana > 63 µm 78,1%				Frazione pelitica < 63 µm 21,9%	
% Ghiaia 10,9	% Sabbia 67,2	% Sabbia molto grossolana	1,3	% Limo 16,3	% Argilla 5,6
		% Sabbia grossolana	4,1		
		% Sabbia media	20,7		
		% Sabbia fine	26,5		
		% Sabbia finissima	14,6		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	10,9	10,9
-0,5	1,410	0,9	11,8
0	1,000	0,4	12,2
0,5	0,710	0,5	12,7
1	0,500	3,6	16,3
1,5	0,350	10,8	27,1
2	0,250	9,9	37,0
2,5	0,177	13,7	50,7
3	0,125	12,8	63,4
3,5	0,088	5,6	69,0
4	0,063	9,0	78,1
4,5	50	5,1	83,2
5,0	32	3,1	86,3
5,5	24	2,0	88,3
6,0	16	1,7	90,0
6,5	12	1,2	91,1
7,0	8	1,0	92,1
7,5	6	1,3	93,4
8,0	4	0,9	94,4
8,5	3	1,2	95,6
9,0	2	1,8	97,4
9,5	1,5	0,0	97,4
10,0	1	0,7	98,2
10,5	0,75	0,6	98,8
11,0	0,5	0,1	98,9
11,5	0,25	1,1	100



Parametri statistici	
\bar{x} (Φ)	2,626
Mode	2,500
Median	2,556
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	1,000
25	1,556
50	2,556
75	3,776
84	4,322
95	8,158

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato***** **Sabbia pelitica**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

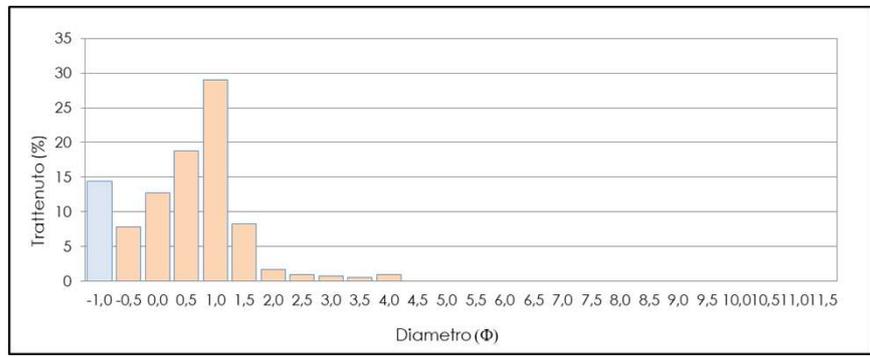
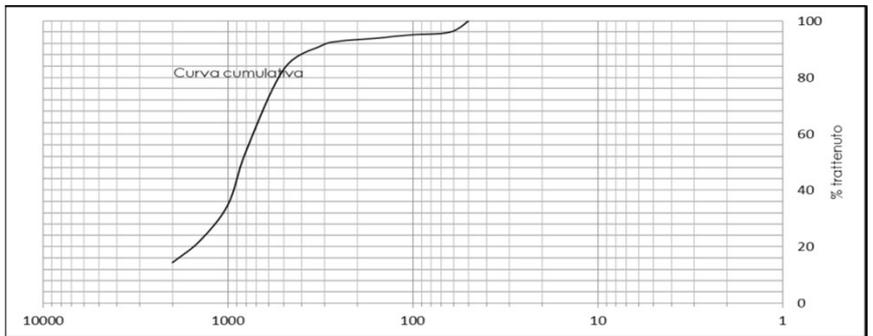


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	12/04/2021
Codice campione	C11
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μ m	96,0
% < 63 μ m	4,0

Frazione grossolana > 63 μ m				96,0%		Frazione pelitica < 63 μ m		4,0%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	20,6		% Limo	% Argilla			
		% Sabbia grossolana	47,8						
		% Sabbia media	10,1						
		% Sabbia fine	1,7						
		% Sabbia finissima	1,4						
14,4	81,6								

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	14,4	14,4
-0,5	1,410	7,8	22,3
0	1,000	12,7	35,0
0,5	0,710	18,8	53,8
1	0,500	29,0	82,8
1,5	0,350	8,3	91,1
2	0,250	1,7	92,8
2,5	0,177	1,0	93,8
3	0,125	0,7	94,5
3,5	0,088	0,5	95,1
4	0,063	0,9	96,0
4,5-11,5	< 0,063	4,0	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	1,000
Median	0,737
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	-0,322
50	0,737
75	1,556
84	1,837
95	6,644

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato

Sabbia

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

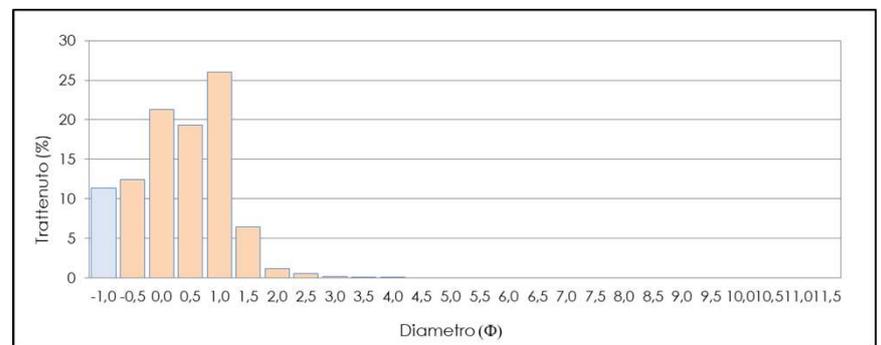
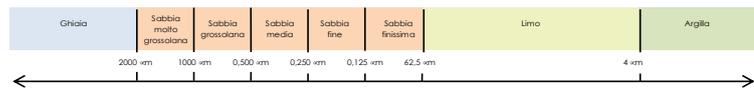
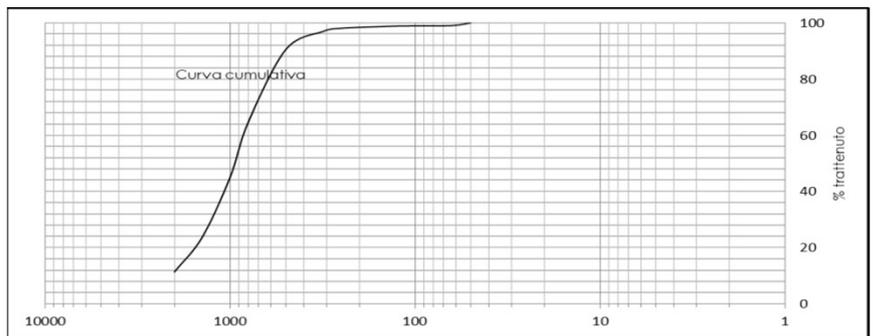


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	12/04/2021
Codice campione	CI2
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μ m	99,0
% < 63 μ m	1,0

Frazione grossolana > 63 μ m				99,0%	Frazione pelitica < 63 μ m		1,0%
% Ghiaia 11,4	% Sabbia 87,6	% Sabbia molto grossolana	33,7	% Limo	% Argilla		
		% Sabbia grossolana	45,4				
		% Sabbia media	7,6				
		% Sabbia fine	0,7				
		% Sabbia finissima	0,2				

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	11,4	11,4
-0.5	1,410	12,4	23,8
0	1,000	21,3	45,1
0.5	0,710	19,4	64,5
1	0,500	26,0	90,5
1.5	0,350	6,4	96,9
2	0,250	1,2	98,1
2.5	0,177	0,5	98,6
3	0,125	0,2	98,8
3.5	0,088	0,1	98,9
4	0,063	0,1	99,0
4,5-11,5	< 0,063	1,0	100



Parametri statistici	
Mean (ϕ)	-0,004
Mode	1,000
Median	0,074
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	-0,848
25	-0,485
50	0,074
75	0,556
84	0,761
95	1,322

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato

Sabbia

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

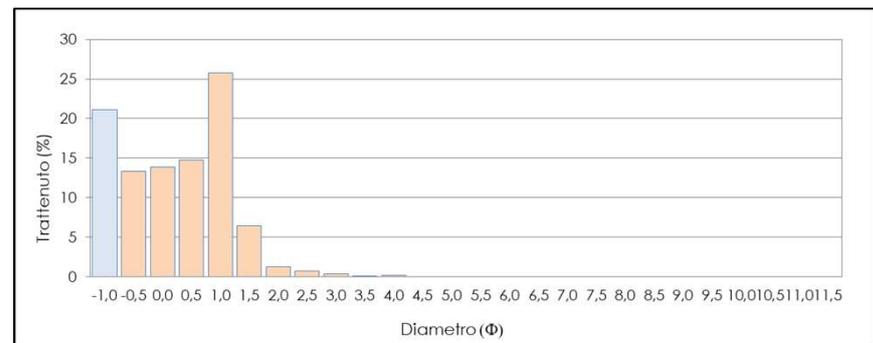
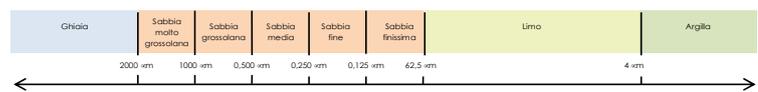
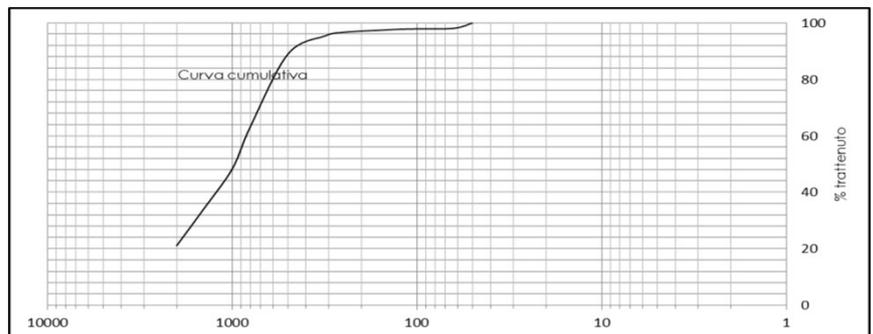


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	12/04/2021
Codice campione	CI3bis
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	98,1
% < 63 µm	1,9

Frazione grossolana > 63 µm			98,1%			Frazione pelitica < 63 µm		1,9%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana			% Limo	% Argilla			
		% Sabbia grossolana	40,6						
		% Sabbia media	7,7						
		% Sabbia fine	1,2						
		% Sabbia finissima	0,3						
21,1	77,0								

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	21,1	21,1
-0.5	1,410	13,4	34,5
0	1,000	13,8	48,3
0.5	0,710	14,8	63,1
1	0,500	25,8	88,9
1,5	0,350	6,5	95,4
2	0,250	1,3	96,7
2,5	0,177	0,7	97,4
3	0,125	0,4	97,7
3,5	0,088	0,1	97,9
4	0,063	0,2	98,1
4,5-11,5	< 0,063	1,9	100



Mean (φ)	
Mode	1,000
Median	0,029
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (φ)
5	
16	
25	-0,848
50	0,029
75	0,599
84	0,811
95	1,556

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

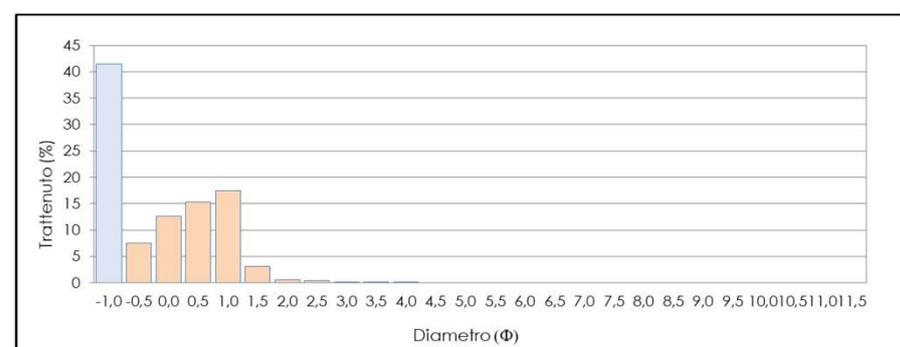
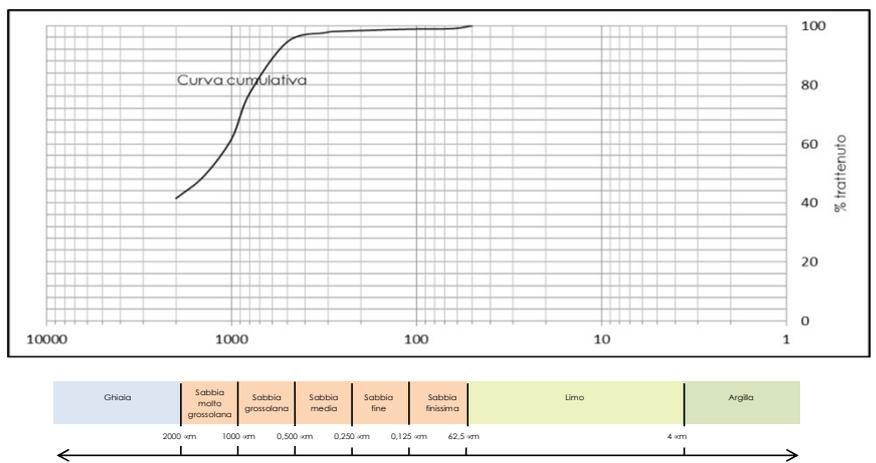


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	12/04/2021
Codice campione	C15
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	99,0
% < 63 μm	1,0

Frazione grossolana > 63 μm 99,0%				Frazione pelitica < 63 μm 1,0%	
% Ghiaia 41,4	% Sabbia 57,6	% Sabbia molto grossolana	20,2	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	32,8		
		% Sabbia media	3,7		
		% Sabbia fine	0,6		
		% Sabbia finissima	0,3		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	41,5	41,5
-0,5	1,410	7,5	49,0
0	1,000	12,6	61,7
0,5	0,710	15,3	77,0
1	0,500	17,4	94,5
1,5	0,350	3,1	97,6
2	0,250	0,6	98,1
2,5	0,177	0,4	98,5
3	0,125	0,2	98,7
3,5	0,088	0,1	98,8
4	0,063	0,2	99,0
4,5-11,5	< 0,063	1,0	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	-0,536
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	-0,536
75	0,269
84	0,535
95	1,029

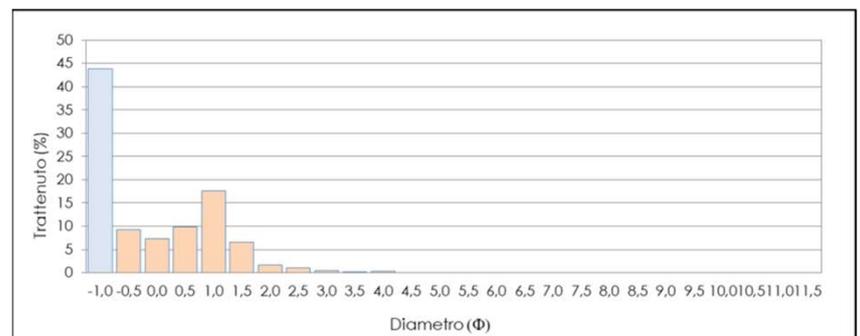
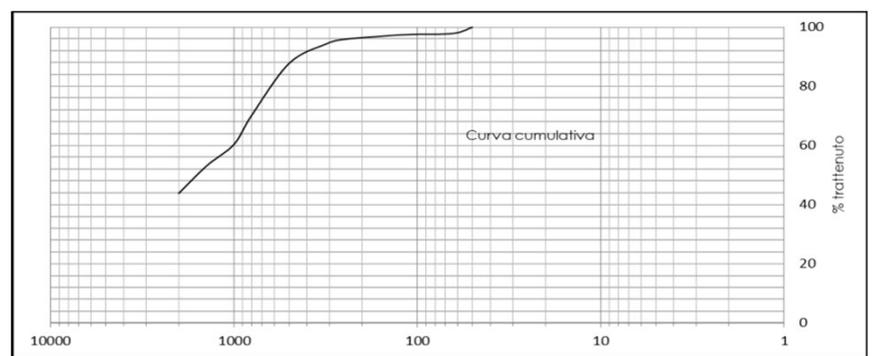
Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia ghiaiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	28/06/2021
Codice campione	CI6
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	100
% > 63 μm	97,9
% < 63 μm	2,1

Frazione grossolana > 63 μm 97,9%				Frazione pelitica < 63 μm 2,1%	
% Ghiaia 43,8	% Sabbia 54,1	% Sabbia molto grossolana	16,5	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	27,4		
		% Sabbia media	8,2		
		% Sabbia fine	1,5		
		% Sabbia finissima	0,5		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	43,8	43,8
-0,5	1,410	9,2	53,0
0	1,000	7,3	60,3
0,5	0,710	9,8	70,2
1	0,500	17,5	87,7
1,5	0,350	6,5	94,3
2	0,250	1,6	95,9
2,5	0,177	1,0	96,9
3	0,125	0,5	97,3
3,5	0,088	0,2	97,6
4	0,063	0,3	97,9
4,5-11,5	< 0,063	2,1	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	-0,722
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	-0,722
75	0,515
84	0,811
95	1,737

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato**** **Sabbia ghiaiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

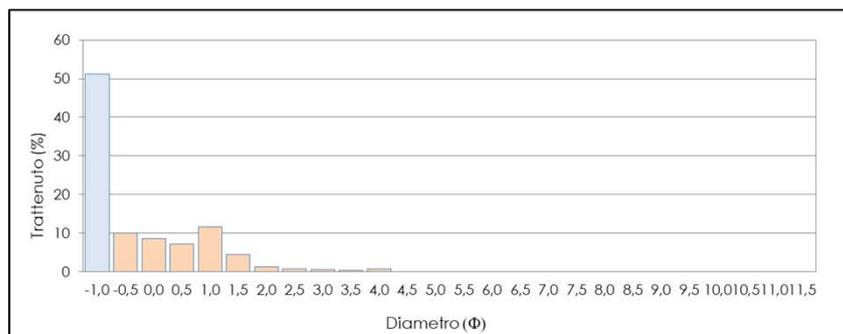
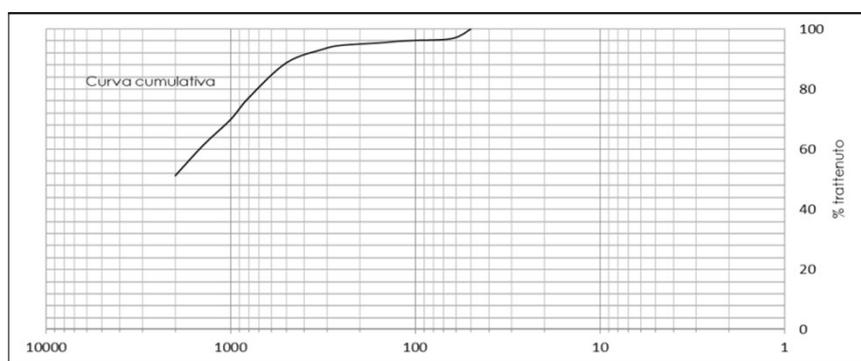


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	11/05/2021
Codice campione	F
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	96,8
% < 63 μm	3,2

Frazione grossolana > 63 μm 96,8%				Frazione pelitica < 63 μm 3,2%	
% Ghiaia 51,1	% Sabbia 45,7	% Sabbia molto grossolana	18,8	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	18,8		
		% Sabbia media	5,8		
		% Sabbia fine	1,3		
		% Sabbia finissima	1,0		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	51,1	51,1
-0,5	1,410	10,1	61,2
0	1,000	8,7	69,9
0,5	0,710	7,2	77,0
1	0,500	11,6	88,7
1,5	0,350	4,6	93,3
2	0,250	1,3	94,5
2,5	0,177	0,7	95,3
3	0,125	0,6	95,8
3,5	0,088	0,3	96,1
4	0,063	0,6	96,8
4,5-11,5	< 0,063	3,2	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	2,500
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	0,234
84	0,690
95	2,322

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato

Ghiaia sabbiosa

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

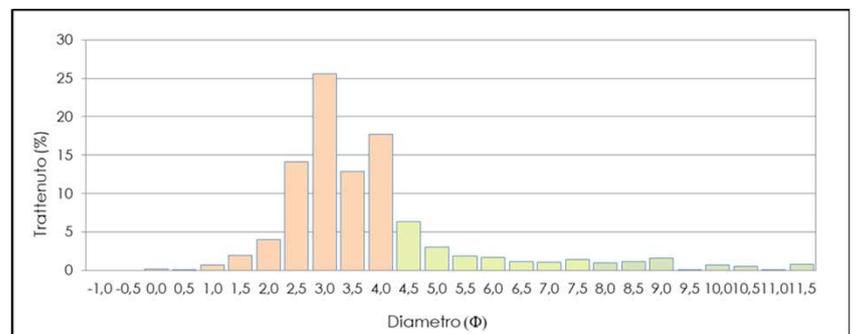
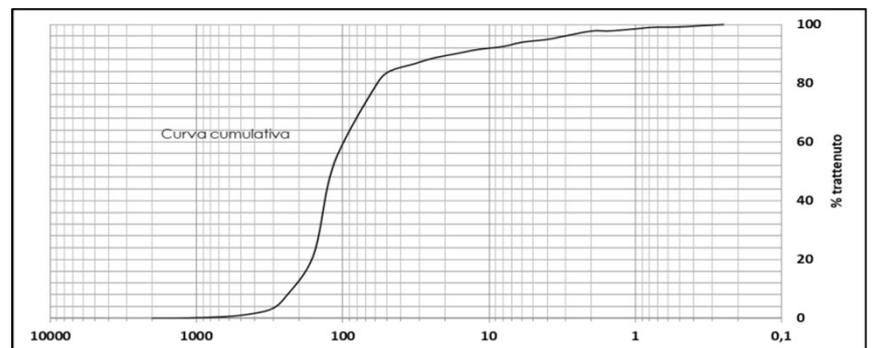


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	20/04/2021
Codice campione	G2
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	77,3
% < 63 µm	22,7

Frazione grossolana > 63 µm 77,3%				Frazione pelitica < 63 µm 22,7%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	0,2	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	0,8		
		% Sabbia media	5,9		
		% Sabbia fine	39,8		
		% Sabbia finissima	30,6		
				17,6	5,1

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	0,0	0,0
-0,5	1,410	0,0	0,0
0	1,000	0,2	0,2
0,5	0,710	0,1	0,3
1	0,500	0,7	1,0
1,5	0,350	1,9	3,0
2	0,250	4,0	7,0
2,5	0,177	14,1	21,1
3	0,125	25,5	46,6
3,5	0,088	12,9	59,5
4	0,063	17,7	77,3
4,5	50	6,3	83,6
5,0	32	3,1	86,7
5,5	24	1,9	88,6
6,0	16	1,7	90,3
6,5	12	1,2	91,5
7,0	8	1,0	92,5
7,5	6	1,4	93,9
8,0	4	1,0	94,9
8,5	3	1,2	96,1
9,0	2	1,6	97,8
9,5	1,5	0,0	97,8
10,0	1	0,7	98,5
10,5	0,75	0,5	99,0
11,0	0,5	0,1	99,2
11,5	0,25	0,8	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	3,265
Mode	3,000
Median	3,000
Skewness	0,532
Kurtosis	1,983
Standard deviation	1,383
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	1,889
16	2,474
25	2,644
50	3,000
75	3,900
84	4,322
95	7,966

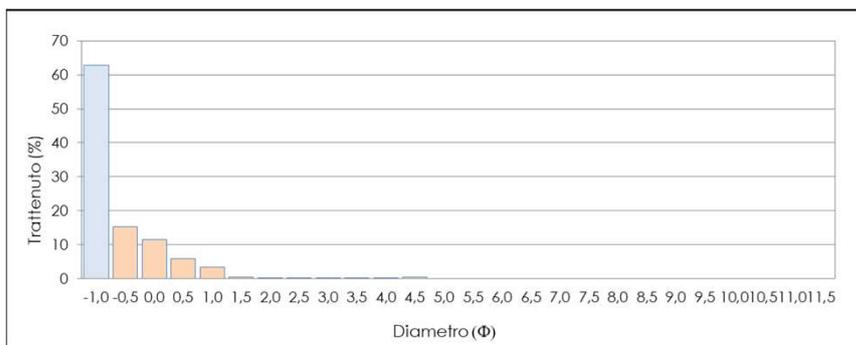
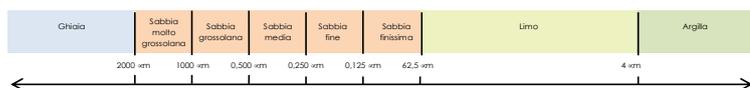
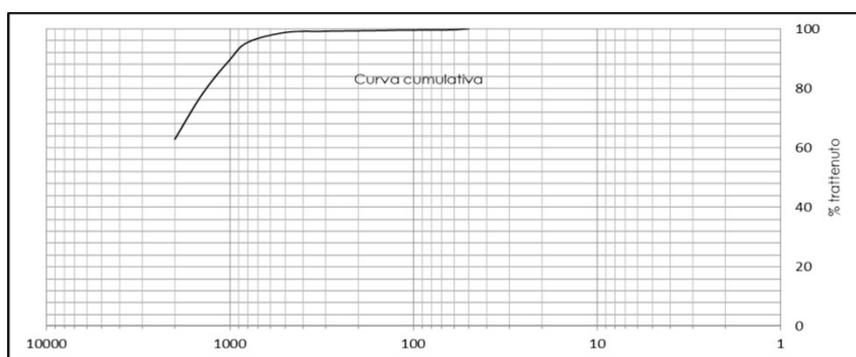
****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato***** **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	27/04/2021
Codice campione	lr1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	99,6
% < 63 μm	0,4

Frazione grossolana > 63 μm 99,6%				Frazione pelitica < 63 μm 0,4%	
% Ghiaia 62,8	% Sabbia 36,8	% Sabbia molto grossolana	26,9	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	9,1		
		% Sabbia media	0,5		
		% Sabbia fine	0,2		
		% Sabbia finissima	0,1		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	62,8	62,8
-0,5	1,410	15,3	78,1
0	1,000	11,6	89,6
0,5	0,710	5,8	95,4
1	0,500	3,3	98,7
1,5	0,350	0,4	99,1
2	0,250	0,1	99,2
2,5	0,177	0,1	99,3
3	0,125	0,1	99,5
3,5	0,088	0,0	99,5
4	0,063	0,1	99,6
4,5-11,5	< 0,063	4,0	100



Parametri statistici	
Mean (φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (φ)
5	
16	
25	
50	
75	-0,678
84	-0,322
95	0,322

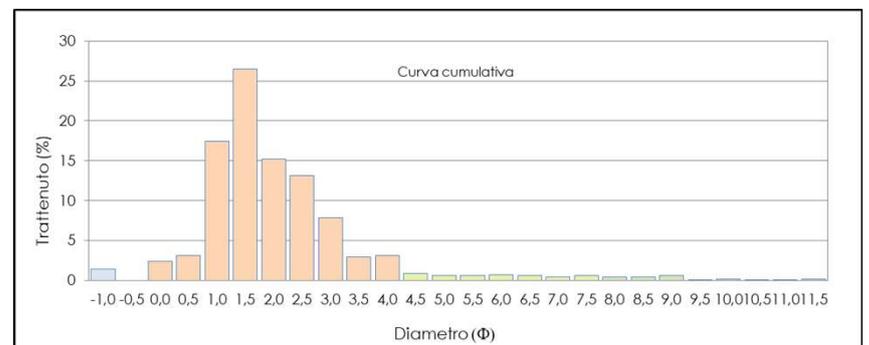
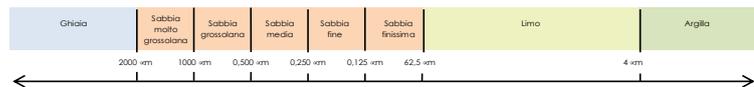
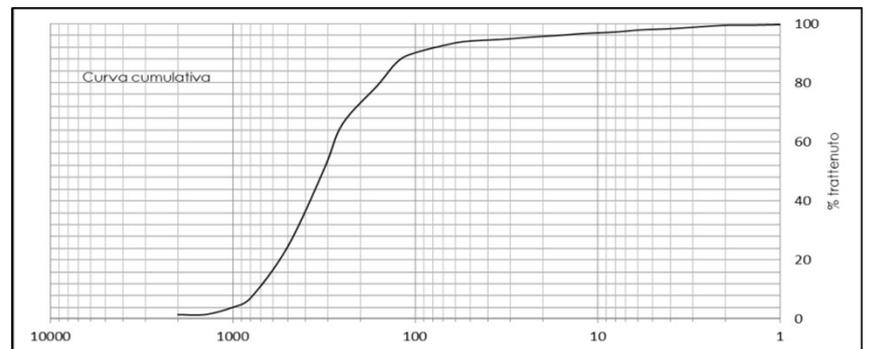
****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato***** **Ghiaia sabbiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	26/05/2021
Codice campione	LM1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	93,2
% < 63 μm	6,8

Frazione grossolana > 63 μm 93,2%				Frazione pelitica < 63 μm 6,8%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	2,5	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	20,5		
		% Sabbia media	41,6		
		% Sabbia fine	21,1		
		% Sabbia finissima	6,1		
1,4	91,8			5,1	1,7

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	1,4	1,4
-0,5	1,410	0,0	1,4
0	1,000	2,5	3,9
0,5	0,710	3,1	7,0
1	0,500	17,4	24,4
1,5	0,350	26,5	50,8
2	0,250	15,2	66,0
2,5	0,177	13,2	79,2
3	0,125	7,9	87,1
3,5	0,088	3,0	90,1
4	0,063	3,1	93,2
4,5	50	0,9	94,1
5,0	32	0,7	94,7
5,5	24	0,6	95,3
6,0	16	0,7	96,0
6,5	12	0,6	96,6
7,0	8	0,5	97,1
7,5	6	0,7	97,8
8,0	4	0,5	98,3
8,5	3	0,5	98,7
9,0	2	0,7	99,4
9,5	1,5	0,0	99,4
10,0	1	0,2	99,6
10,5	0,75	0,1	99,8
11,0	0,5	0,0	99,8
11,5	0,25	0,2	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	1,722
Mode	1,500
Median	1,644
Skewness	0,270
Kurtosis	1,413
Standard deviation	1,282
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	0,184
16	0,737
25	1,000
50	1,644
75	2,474
84	2,786
95	5,265

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato**** **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

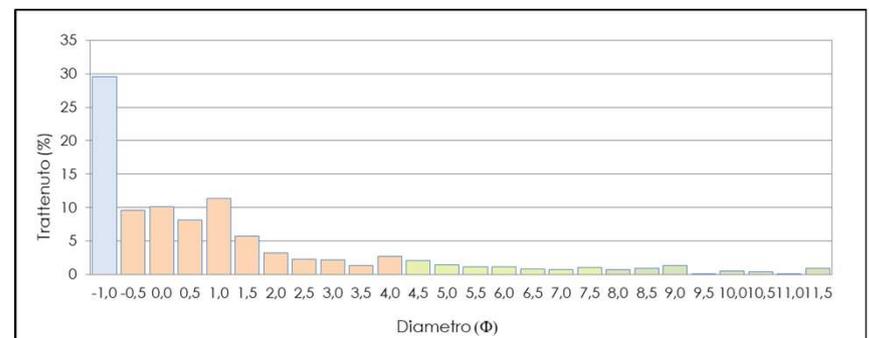
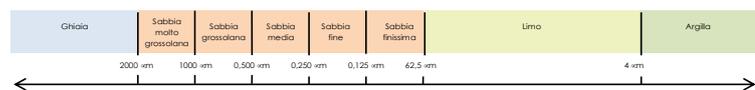
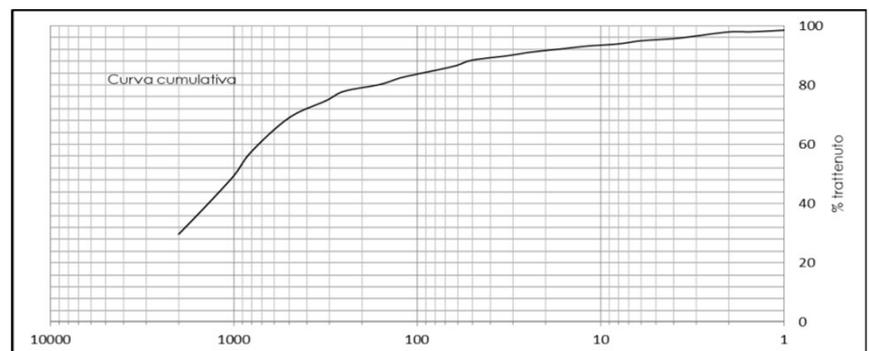


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	17/05/2021
Codice campione	L11
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	86,3
% < 63 µm	13,7

Frazione grossolana > 63 µm 86,3%				Frazione pelitica < 63 µm 13,7%	
% Ghiaia 29,6	% Sabbia 56,7	% Sabbia molto grossolana	19,8	% Limo 9,3	% Argilla 4,4
		% Sabbia grossolana	19,5		
		% Sabbia media	9,0		
		% Sabbia fine	4,4		
		% Sabbia finissima	4,0		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	29,6	29,6
-0,5	1,410	9,6	39,2
0	1,000	10,1	49,3
0,5	0,710	8,2	57,5
1	0,500	11,4	68,9
1,5	0,350	5,7	74,6
2	0,250	3,2	77,9
2,5	0,177	2,3	80,1
3	0,125	2,2	82,3
3,5	0,088	1,4	83,6
4	0,063	2,7	86,3
4,5	50	2,1	88,4
5,0	32	1,5	89,9
5,5	24	1,2	91,0
6,0	16	1,2	92,2
6,5	12	0,8	93,1
7,0	8	0,8	93,8
7,5	6	1,1	94,9
8,0	4	0,7	95,6
8,5	3	0,9	96,5
9,0	2	1,3	97,9
9,5	1,5	0,0	97,9
10,0	1	0,5	98,5
10,5	0,75	0,4	98,9
11,0	0,5	0,1	99,0
11,5	0,25	1,0	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	0,234
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	0,234
75	1,737
84	3,396
95	7,644

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato**** **Sabbia ghiaiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

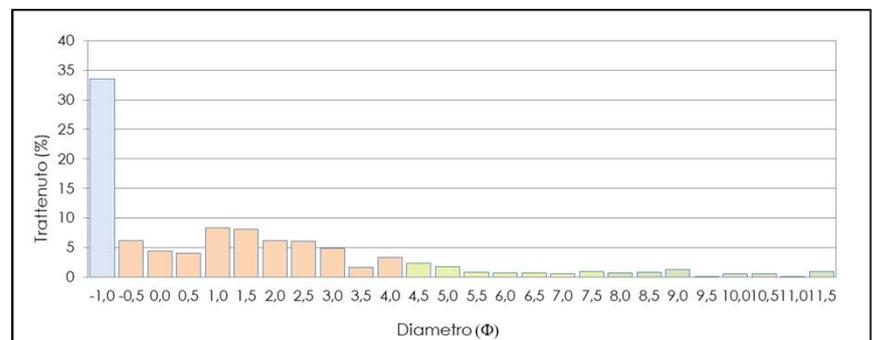
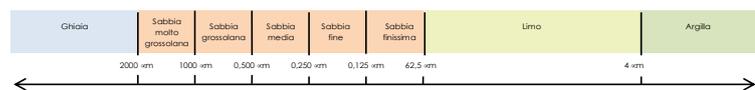
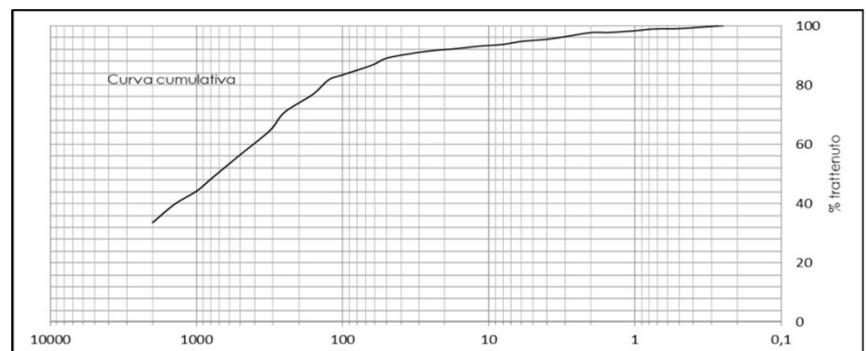
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	17/05/2021
Codice campione	l1bis
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	86,7
% < 63 µm	13,3

Frazione grossolana > 63 µm 86,7%				Frazione pelitica < 63 µm 13,3%	
% Ghiaia 33,5	% Sabbia 53,2	% Sabbia molto grossolana	10,6	% Limo 8,7	% Argilla 4,6
		% Sabbia grossolana	12,4		
		% Sabbia media	14,3		
		% Sabbia fine	10,9		
		% Sabbia finissima	5,0		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	33,5	33,5
-0,5	1,410	6,2	39,7
0	1,000	4,4	44,1
0,5	0,710	4,0	48,1
1	0,500	8,4	56,5
1,5	0,350	8,1	64,6
2	0,250	6,2	70,7
2,5	0,177	6,1	76,8
3	0,125	4,9	81,7
3,5	0,088	1,7	83,4
4	0,063	3,3	86,7
4,5	50	2,4	89,0
5,0	32	1,7	90,8
5,5	24	0,8	91,6
6,0	16	0,8	92,3
6,5	12	0,7	93,0
7,0	8	0,7	93,7
7,5	6	1,0	94,7
8,0	4	0,7	95,4
8,5	3	0,9	96,3
9,0	2	1,4	97,7
9,5	1,5	0,0	97,7
10,0	1	0,6	98,3
10,5	0,75	0,6	98,8
11,0	0,5	0,1	99,0
11,5	0,25	1,0	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	0,515
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	0,515
75	2,474
84	3,474
95	7,644

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato***** **Sabbia ghiaiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

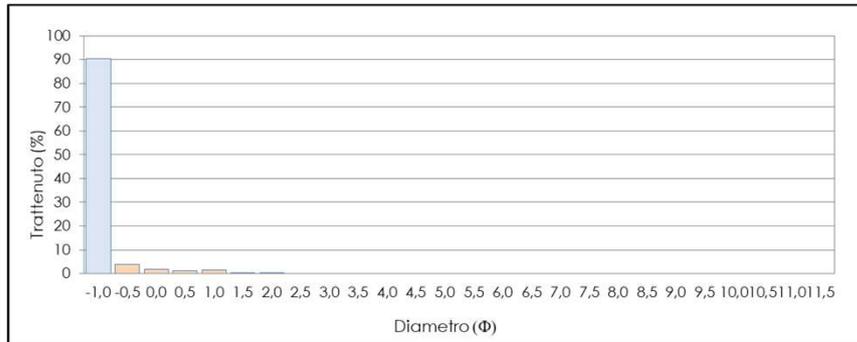
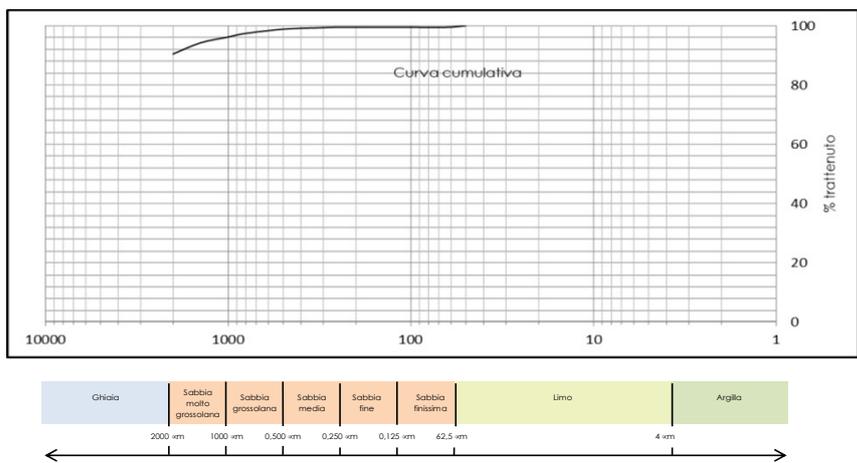


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	24/05/2021
Codice campione	M1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	99,4
% < 63 µm	0,6

Frazione grossolana > 63 µm				99,4%	Frazione pelitica < 63 µm			0,6%
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	5,7	% Limo	% Argilla			
		% Sabbia grossolana	2,6					
		% Sabbia media	0,7					
		% Sabbia fine	0					
		% Sabbia finissima	0					
90,4	9,0							

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	90,4	90,4
-0,5	1,410	3,8	94,2
0	1,000	1,9	96,2
0,5	0,710	1,2	97,4
1	0,500	1,4	98,8
1,5	0,350	0,5	99,3
2	0,250	0,1	99,4
2,5	0,177	0,0	99,4
3	0,125	0,0	99,4
3,5	0,088	0,0	99,4
4	0,063	0,0	99,4
4,5-11,5	< 0,063	0,6	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	
84	
95	-0,379

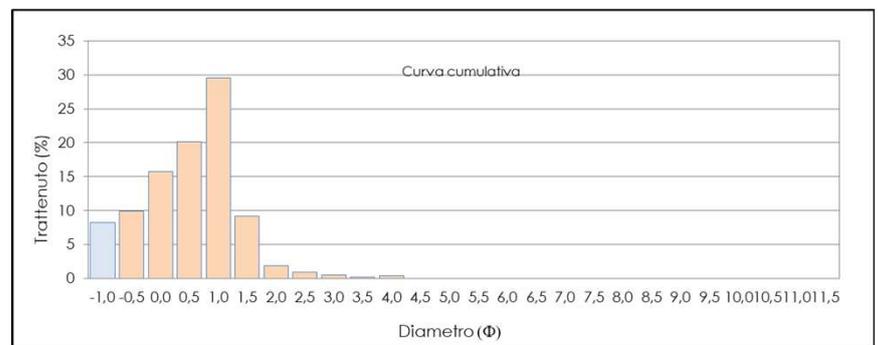
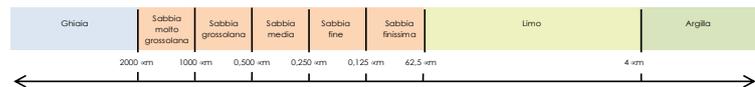
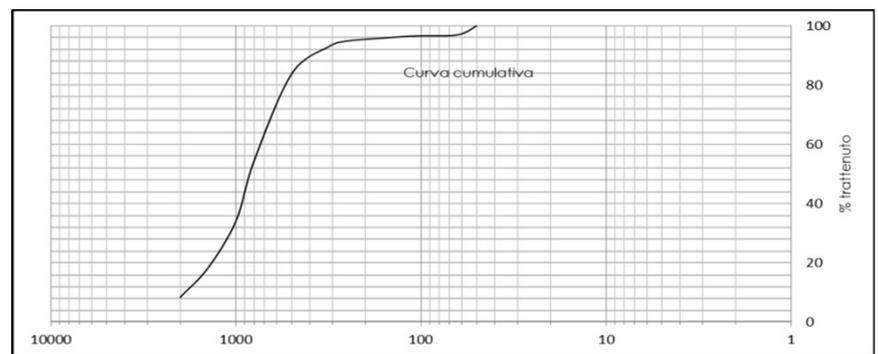
Classificazione secondo Shepard (1954) modificato **Ghiaia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	24/05/2021
Codice campione	M4
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	96,9
% < 63 µm	3,1

Frazione grossolana > 63 µm 96,9%				Frazione pelitica < 63 µm 3,1%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	25,8	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	49,6		
		% Sabbia media	11,1		
		% Sabbia fine	1,5		
		% Sabbia finissima	0,6		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	8,3	8,3
-0,5	1,410	10,0	18,2
0	1,000	15,8	34,0
0,5	0,710	20,2	54,2
1	0,500	29,5	83,7
1,5	0,350	9,2	92,9
2	0,250	1,9	94,8
2,5	0,177	1,0	95,8
3	0,125	0,5	96,3
3,5	0,088	0,2	96,5
4	0,063	0,4	96,9
4,5-11,5	< 0,063	3,1	100



Parametri statistici	
Mean (φ)	0,191
Mode	1,000
Median	0,252
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (φ)
5	
16	-0,678
25	-0,379
50	0,252
75	0,786
84	1,000
95	2,322

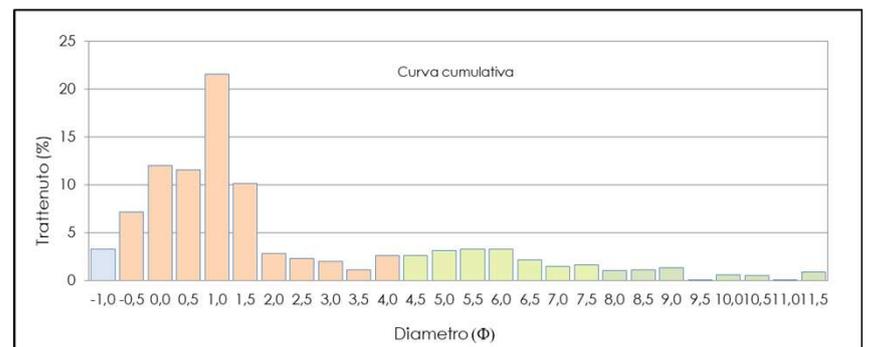
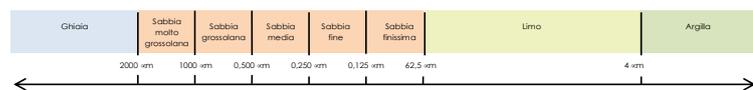
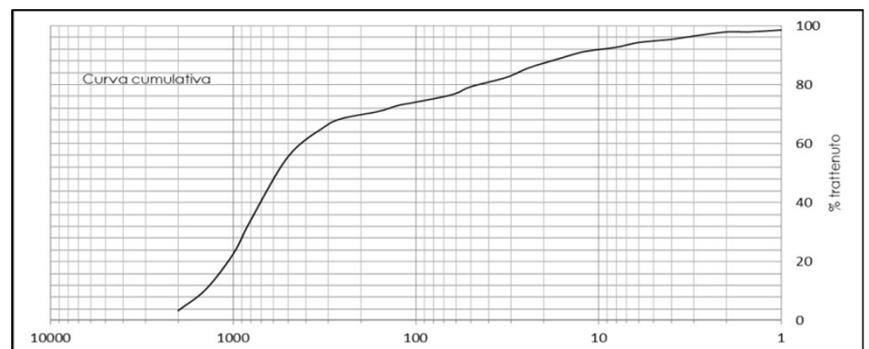
Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	24/05/2021
Codice campione	M5
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	76,6
% < 63 µm	23,4

Frazione grossolana > 63 µm 76,6%				Frazione pelitica < 63 µm 23,4%			
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	19,2	% Limo	% Argilla		
		% Sabbia grossolana	33,1			18,7	4,7
		% Sabbia media	13,0				
		% Sabbia fine	4,4				
		% Sabbia finissima	3,6				
3,3	73,3						

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	3,3	3,3
-0,5	1,410	7,2	10,4
0	1,000	12,0	22,5
0,5	0,710	11,6	34,0
1	0,500	21,5	55,5
1,5	0,350	10,2	65,7
2	0,250	2,8	68,5
2,5	0,177	2,3	70,9
3	0,125	2,0	72,9
3,5	0,088	1,1	74,0
4	0,063	2,6	76,6
4,5	50	2,6	79,2
5,0	32	3,2	82,4
5,5	24	3,3	85,7
6,0	16	3,3	89,0
6,5	12	2,2	91,1
7,0	8	1,5	92,6
7,5	6	1,6	94,3
8,0	4	1,1	95,3
8,5	3	1,1	96,4
9,0	2	1,4	97,8
9,5	1,5	0,0	97,8
10,0	1	0,6	98,5
10,5	0,75	0,5	99,0
11,0	0,5	0,1	99,1
11,5	0,25	0,9	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	1,855
Mode	1,000
Median	0,786
Skewness	0,601
Kurtosis	0,992
Standard deviation	2,694
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	-0,848
16	-0,379
25	0,074
50	0,786
75	3,644
84	5,158
95	7,796

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato***** **Sabbia pelitica**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

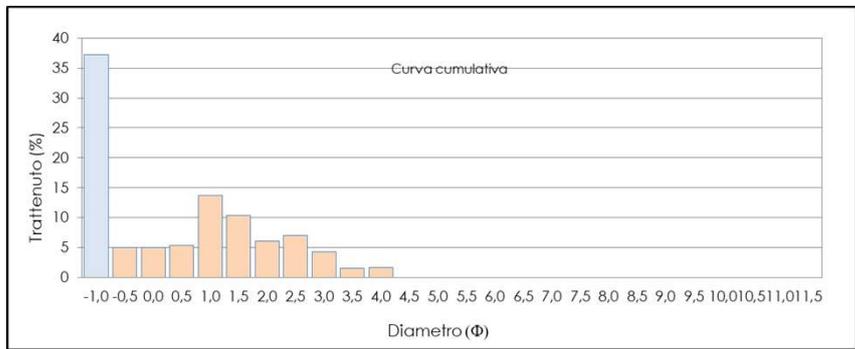
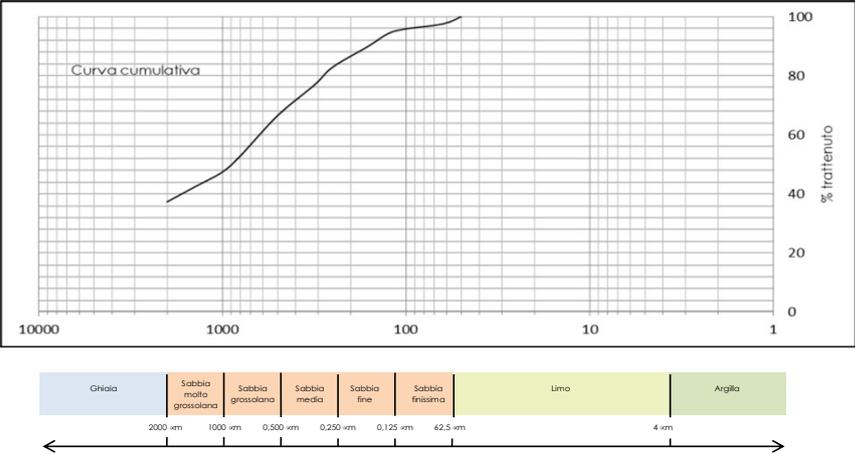
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_1.44
Data campionamento	07/06/2021
Codice campione	O3ter
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	97,5
% < 63 μm	2,5

Frazione grossolana > 63 μm			97,5%	Frazione pelitica < 63 μm			2,5%
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	10,1	% Limo	% Argilla		
		% Sabbia grossolana	19,1				
		% Sabbia media	16,5				
		% Sabbia fine	11,3				
		% Sabbia finissima	3,3				

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	37,2	37,2
-0,5	1,410	5,1	42,3
0	1,000	5,0	47,3
0,5	0,710	5,4	52,7
1	0,500	13,7	66,5
1,5	0,350	10,4	76,9
2	0,250	6,1	82,9
2,5	0,177	7,1	90,0
3	0,125	4,3	94,3
3,5	0,088	1,6	95,8
4	0,063	1,7	97,5
4,5-11,5	< 0,063	2,5	100



Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	0,152
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Phi (Φ)	5
16	
25	
50	0,152
75	1,556
84	2,059
95	3,059

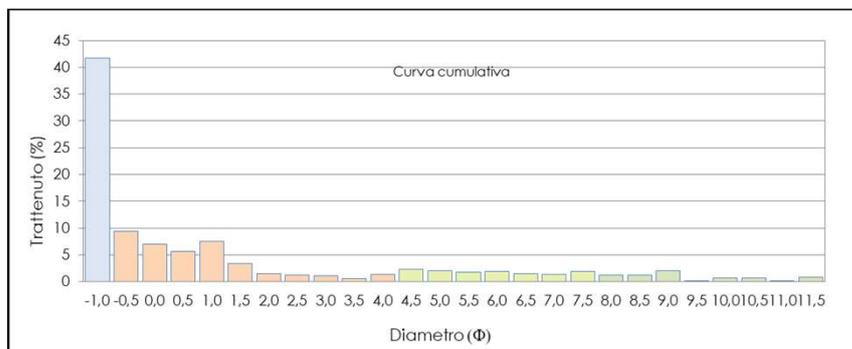
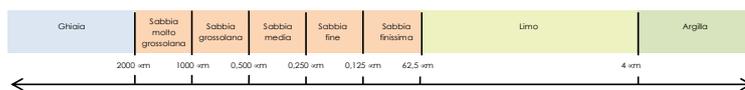
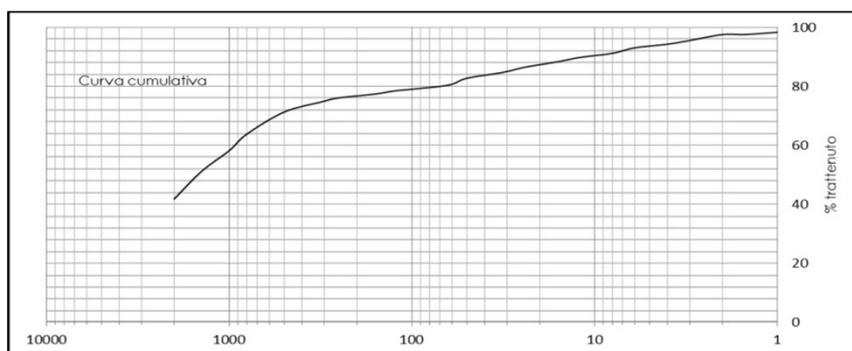
Classificazione secondo Shepard (1954) modificato*	Sabbia ghiaiosa
--	------------------------

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24: 151-158
***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	24/05/2021
Codice campione	OAL1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	80,3
% < 63 µm	19,7

Frazione grossolana > 63 µm 80,3%				Frazione pelitica < 63 µm 19,7%	
% Ghiaia 41,7	% Sabbia 38,6	% Sabbia molto grossolana	16,4	% Limo 13,9	% Argilla 5,8
		% Sabbia grossolana	13,1		
		% Sabbia media	4,8		
		% Sabbia fine	2,3		
		% Sabbia finissima	2,0		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	41,7	41,7
-0,5	1,410	9,4	51,1
0	1,000	6,9	58,1
0,5	0,710	5,6	63,7
1	0,500	7,5	71,2
1,5	0,350	3,4	74,6
2	0,250	1,4	76,0
2,5	0,177	1,3	77,3
3	0,125	1,1	78,4
3,5	0,088	0,6	79,0
4	0,063	1,4	80,3
4,5	50	2,3	82,7
5,0	32	2,0	84,6
5,5	24	1,8	86,4
6,0	16	1,8	88,2
6,5	12	1,5	89,7
7,0	8	1,4	91,1
7,5	6	1,9	93,0
8,0	4	1,2	94,2
8,5	3	1,3	95,5
9,0	2	2,0	97,5
9,5	1,5	0,0	97,5
10,0	1	0,7	98,3
10,5	0,75	0,7	99,0
11,0	0,5	0,2	99,2
11,5	0,25	0,8	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	-0,632
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	-0,632
75	1,737
84	4,837
95	8,381

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato

Ghiaia sabbiosa

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

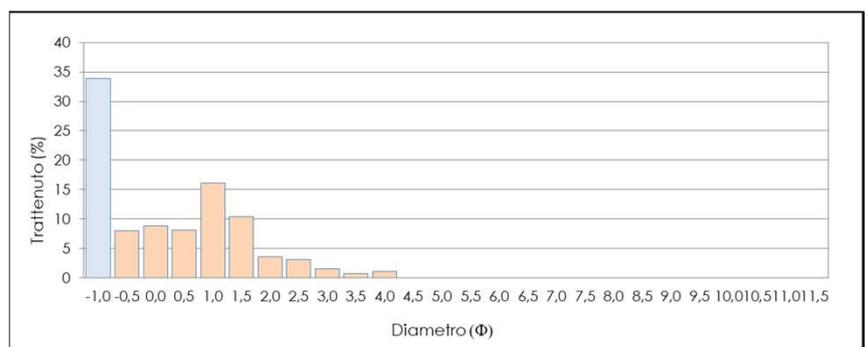
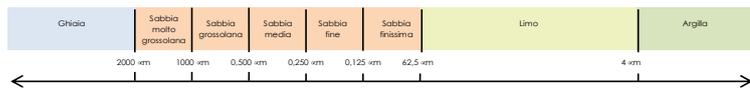
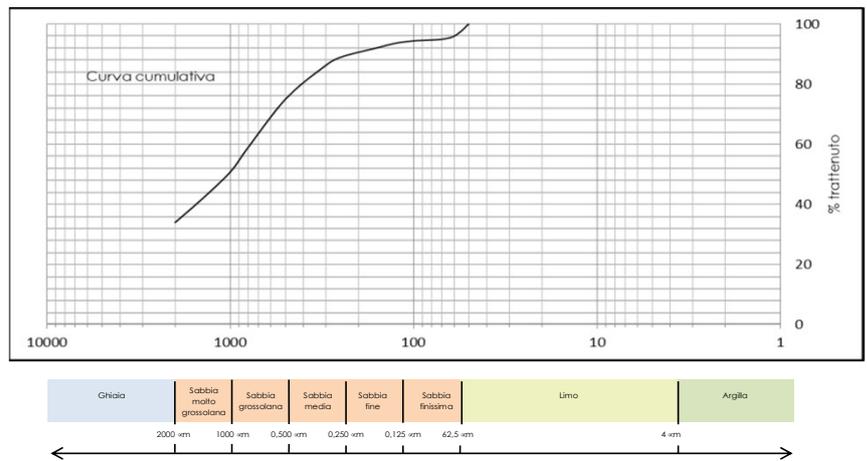


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	11/05/2021
Codice campione	P
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	95,4
% < 63 μm	4,6

Frazione grossolana > 63 μm 95,4%				Frazione pelitica < 63 μm 4,6%	
% Ghiaia 33,9	% Sabbia 61,5	% Sabbia molto grossolana	16,8	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	24,3		
		% Sabbia media	13,9		
		% Sabbia fine	4,7		
		% Sabbia finissima	1,8		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	33,9	33,9
-0,5	1,410	8,0	41,9
0	1,000	8,8	50,7
0,5	0,710	8,1	58,8
1	0,500	16,1	75,0
1,5	0,350	10,3	85,3
2	0,250	3,6	88,9
2,5	0,177	3,1	92,0
3	0,125	1,6	93,6
3,5	0,088	0,8	94,3
4	0,063	1,1	95,4
4,5-11,5	< 0,063	4,6	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	0,000
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	0,000
75	1,000
84	1,556
95	4,059

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato**** **Sabbia ghiaiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPR Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

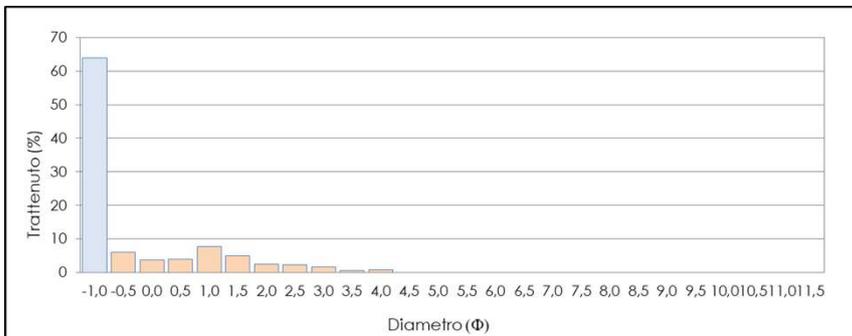
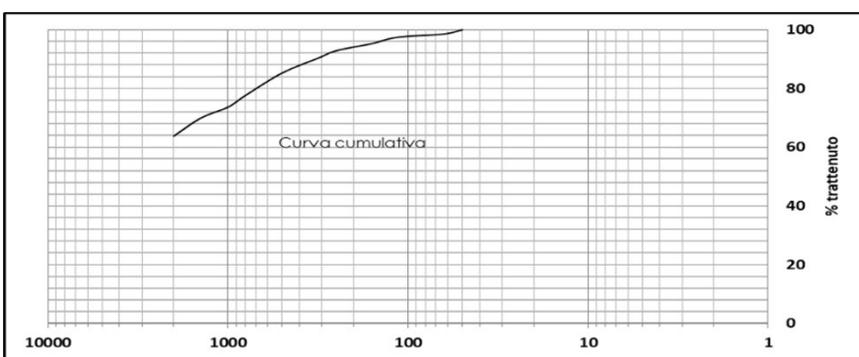


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	30/03/2021
Codice campione	PI-NAT
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μm	98,6
% < 63 μm	1,4

Frazione grossolana > 63 μm				98,6%		Frazione pelitica < 63 μm		1,4%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	9,8	% Limo	% Argilla				
63,8		% Sabbia grossolana	11,7						
		% Sabbia media	7,6						
		% Sabbia fine	4,2						
		% Sabbia finissima	1,5						

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	63,8	63,8
-0,5	1,410	6,2	70,0
0	1,000	3,7	73,7
0,5	0,710	4,0	77,6
1	0,500	7,7	85,3
1,5	0,350	5,1	90,4
2	0,250	2,5	92,9
2,5	0,177	2,4	95,3
3	0,125	1,8	97,0
3,5	0,088	0,8	97,8
4	0,063	0,8	98,6
4,5-11,5	< 0,063	1,4	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	0,152
84	0,837
95	2,556

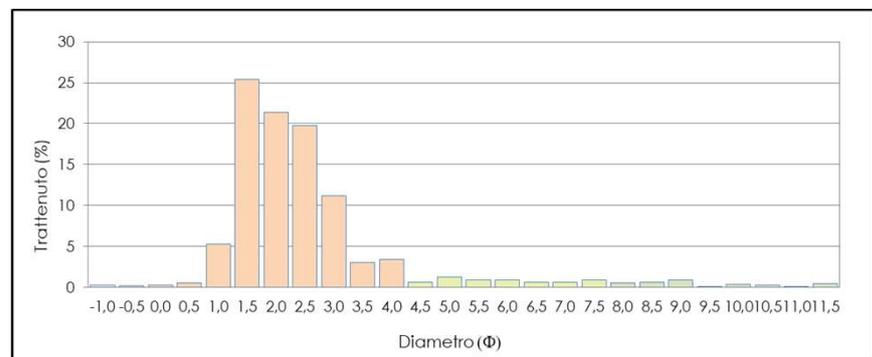
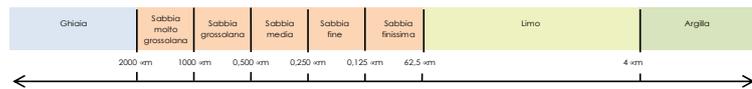
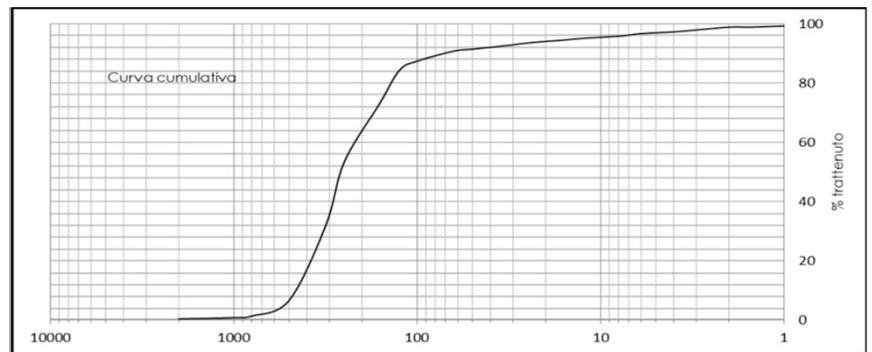
Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Ghiaia sabbiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	17/05/2021
Codice campione	S11
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	90,7
% < 63 µm	9,3

Frazione grossolana > 63 µm 90,7%				Frazione pelitica < 63 µm 9,3%	
% Ghiaia 0,3	% Sabbia 90,4	% Sabbia molto grossolana	0,4	% Limo 6,5	% Argilla 2,8
		% Sabbia grossolana	5,8		
		% Sabbia media	46,8		
		% Sabbia fine	31,0		
		% Sabbia finissima	6,4		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	0,3	0,3
-0,5	1,410	0,2	0,5
0	1,000	0,3	0,7
0,5	0,710	0,5	1,3
1	0,500	5,3	6,5
1,5	0,350	25,4	31,9
2	0,250	21,4	53,3
2,5	0,177	19,8	73,1
3	0,125	11,1	84,2
3,5	0,088	3,1	87,3
4	0,063	3,4	90,7
4,5	50	0,6	91,4
5,0	32	1,3	92,6
5,5	24	0,9	93,6
6,0	16	0,9	94,4
6,5	12	0,7	95,1
7,0	8	0,6	95,7
7,5	6	0,9	96,6
8,0	4	0,6	97,2
8,5	3	0,7	97,9
9,0	2	0,9	98,8
9,5	1,5	0,0	98,8
10,0	1	0,4	99,2
10,5	0,75	0,3	99,5
11,0	0,5	0,1	99,6
11,5	0,25	0,4	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	2,051
Mode	1,500
Median	1,889
Skewness	0,543
Kurtosis	3,284
Standard deviation	1,777
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	0,916
16	1,322
25	1,515
50	1,889
75	2,644
84	2,943
95	9,966

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

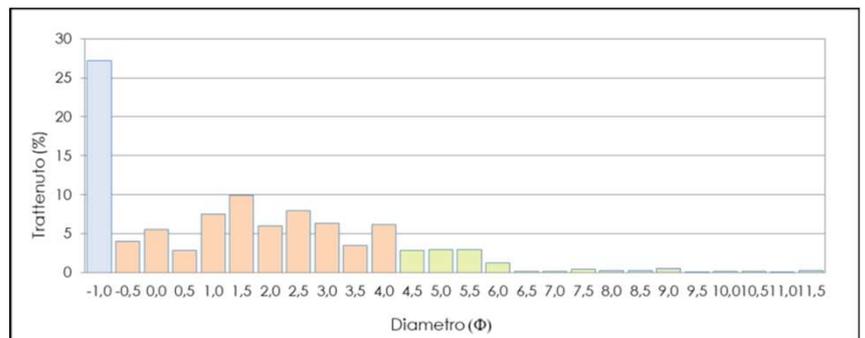
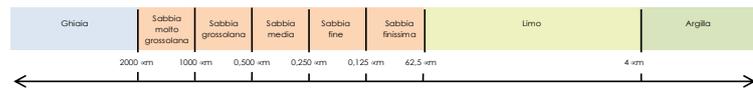
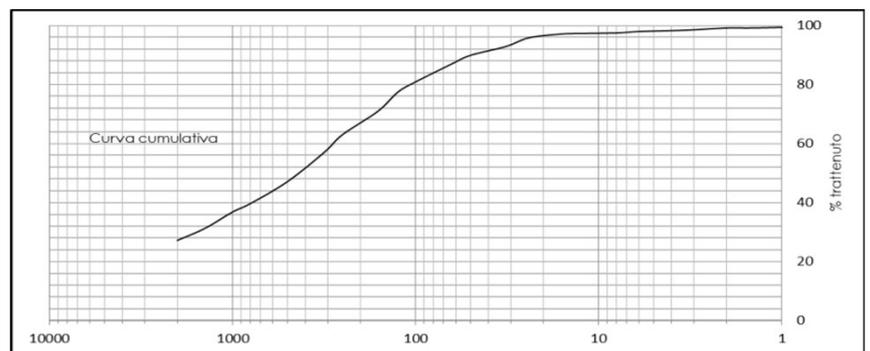


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	07/06/2021
Codice campione	S11bis
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	87,1
% < 63 µm	12,9

Frazione grossolana > 63 µm 87,1%				Frazione pelitica < 63 µm 12,9%	
% Ghiaia 27,2	% Sabbia 59,9	% Sabbia molto grossolana	9,6	% Limo 11,2	% Argilla 1,7
		% Sabbia grossolana	10,3		
		% Sabbia media	15,9		
		% Sabbia fine	14,3		
		% Sabbia finissima	9,7		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	27,2	27,2
-0,5	1,410	4,1	31,3
0	1,000	5,5	36,8
0,5	0,710	2,8	39,6
1	0,500	7,5	47,1
1,5	0,350	9,9	57,0
2	0,250	6,0	63,1
2,5	0,177	7,9	71,0
3	0,125	6,4	77,4
3,5	0,088	3,5	80,9
4	0,063	6,2	87,1
4,5	50	2,9	89,9
5,0	32	3,0	92,9
5,5	24	3,0	95,9
6,0	16	1,3	97,1
6,5	12	0,2	97,3
7,0	8	0,2	97,5
7,5	6	0,5	98,0
8,0	4	0,3	98,3
8,5	3	0,3	98,6
9,0	2	0,6	99,2
9,5	1,5	0,0	99,2
10,0	1	0,2	99,4
10,5	0,75	0,2	99,6
11,0	0,5	0,1	99,7
11,5	0,25	0,3	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	1,184
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	1,184
75	2,837
84	3,644
95	5,211

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia ghiaiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

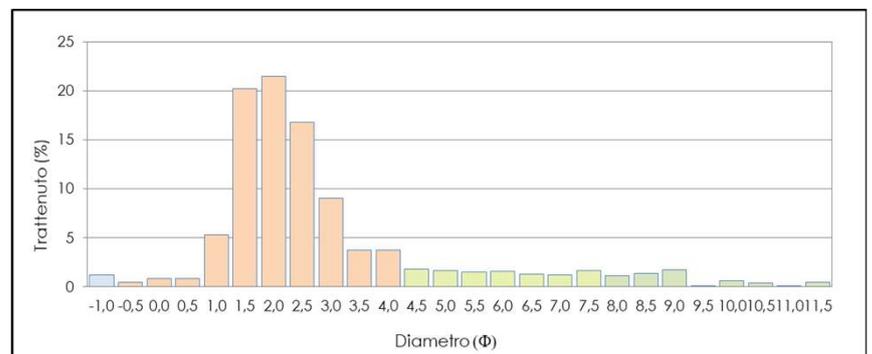
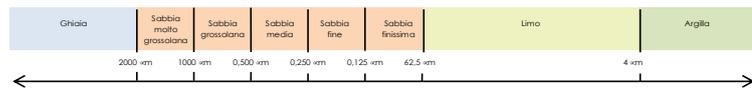
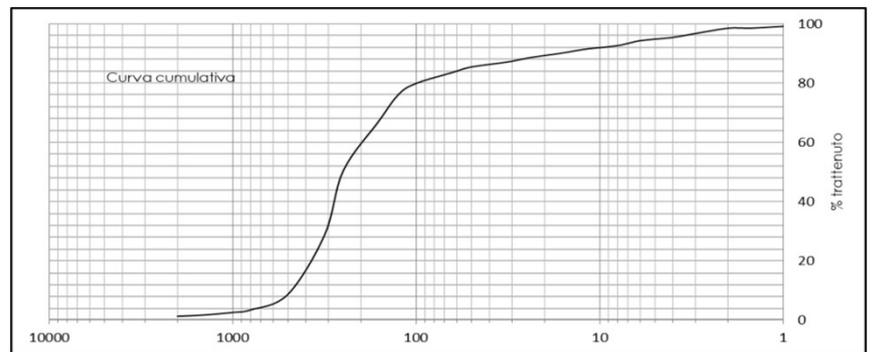
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	17/05/2021
Codice campione	S13
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	83,6
% < 63 µm	16,4

Frazione grossolana > 63 µm 83,6%				Frazione pelitica < 63 µm 16,4%	
% Ghiaia 1,2	% Sabbia 82,4	% Sabbia molto grossolana	1,3	% Limo 11,7	% Argilla 4,7
		% Sabbia grossolana	6,1		
		% Sabbia media	41,7		
		% Sabbia fine	25,8		
		% Sabbia finissima	7,5		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	1,2	1,2
-0,5	1,410	0,5	1,7
0	1,000	0,8	2,5
0,5	0,710	0,8	3,3
1	0,500	5,3	8,6
1,5	0,350	20,2	28,8
2	0,250	21,5	50,3
2,5	0,177	16,8	67,1
3	0,125	9,0	76,1
3,5	0,088	3,8	79,8
4	0,063	3,7	83,6
4,5	50	1,8	85,4
5,0	32	1,6	87,0
5,5	24	1,5	88,5
6,0	16	1,6	90,1
6,5	12	1,3	91,4
7,0	8	1,2	92,6
7,5	6	1,7	94,2
8,0	4	1,1	95,3
8,5	3	1,3	96,7
9,0	2	1,8	98,4
9,5	1,5	0,0	98,5
10,0	1	0,6	99,1
10,5	0,75	0,4	99,5
11,0	0,5	0,1	99,5
11,5	0,25	0,5	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	2,646
Mode	2,000
Median	2,556
Skewness	0,291
Kurtosis	2,153
Standard deviation	1,754
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	0,737
16	1,322
25	1,599
50	2,556
75	2,943
84	4,059
95	7,796

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato**** **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

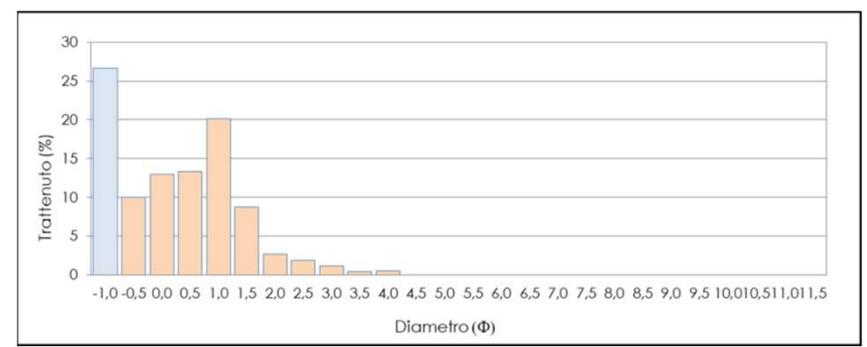
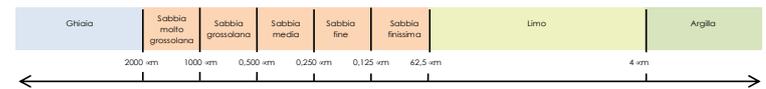
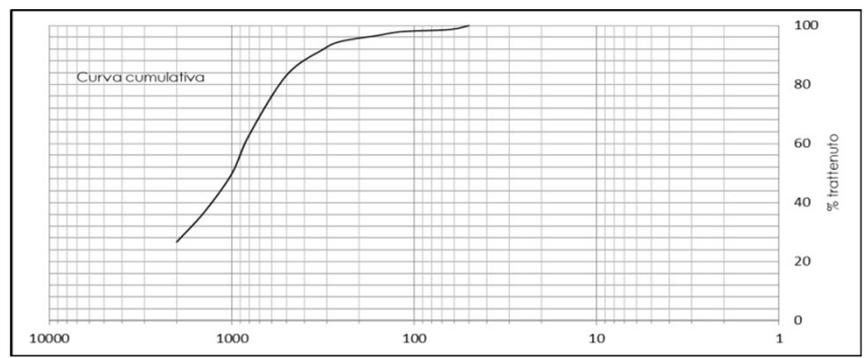


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	28/06/2021
Codice campione	S14
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	100
% > 63 μ m	98,7
% < 63 μ m	1,3

Frazione grossolana > 63 μ m			98,7%	Frazione pelitica < 63 μ m		1,3%
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	23,0	% Limo	% Argilla	
		% Sabbia grossolana	33,5			
		% Sabbia media	11,5			
		% Sabbia fine	3,1			
		% Sabbia finissima	0,9			

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	26,7	26,7
-0,5	1,410	10,1	36,7
0	1,000	12,9	49,7
0,5	0,710	13,3	63,0
1	0,500	20,2	83,1
1,5	0,350	8,8	91,9
2	0,250	2,7	94,7
2,5	0,177	1,9	96,6
3	0,125	1,2	97,8
3,5	0,088	0,4	98,2
4	0,063	0,5	98,7
4,5-11,5	< 0,063	1,3	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	0,029
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	0,029
75	0,667
84	1,000
95	2,120

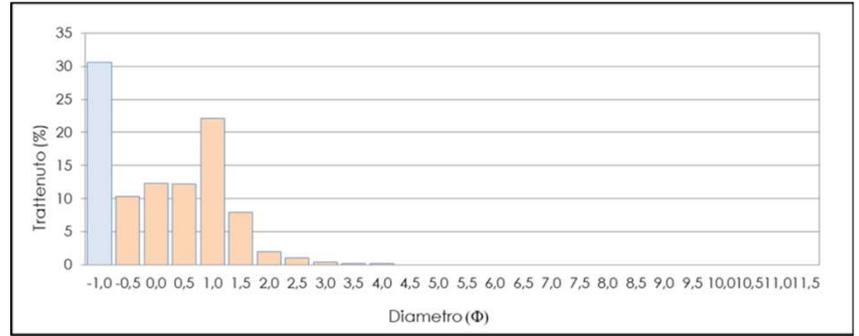
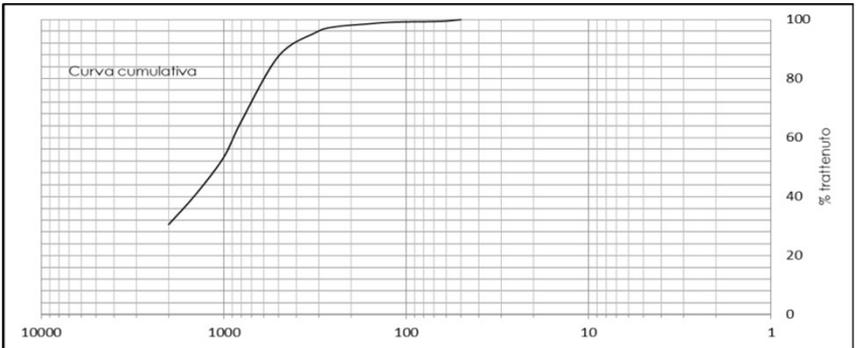
****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato*** Sabbia ghiaiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	28/06/2021
Codice campione	S15
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	100
% > 63 μm	99,4
% < 63 μm	0,6

Frazione grossolana > 63 μm		99,4%		Frazione pelitica < 63 μm		0,6%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	22,7	% Limo	% Argilla		
		% Sabbia grossolana	34,2				
		% Sabbia media	9,9				
		% Sabbia fine	1,6				
		% Sabbia finissima	0,4				
30,6	68,8						

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	30,6	30,6
-0,5	1,410	10,4	40,9
0	1,000	12,4	53,3
0,5	0,710	12,2	65,5
1	0,500	22,1	87,6
1,5	0,350	7,9	95,5
2	0,250	2,0	97,5
2,5	0,177	1,1	98,6
3	0,125	0,5	99,0
3,5	0,088	0,2	99,2
4	0,063	0,2	99,4
4,5-11,5	< 0,063	0,6	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	-0,263
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	-0,263
75	0,578
84	0,811
95	1,599

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato

Sabbia ghiaiosa

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

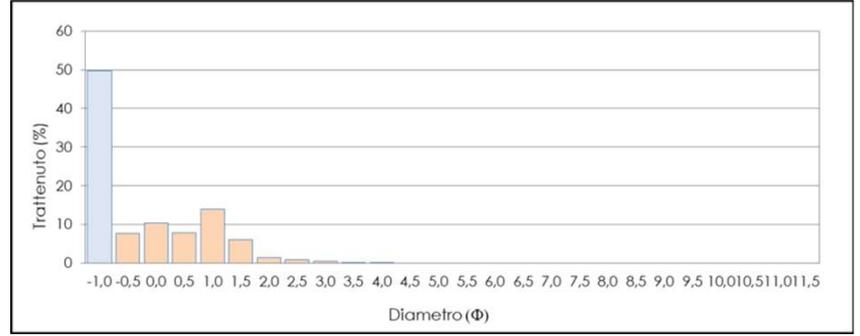
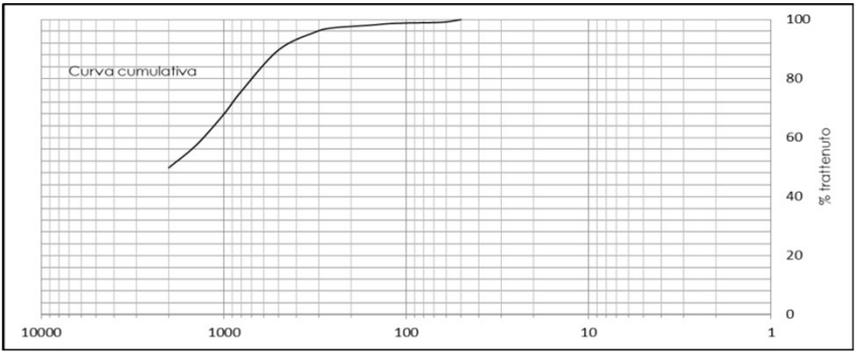


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_1.44
Data campionamento	28/06/2021
Codice campione	S16
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	100
% > 63 µm	99,1
% < 63 µm	0,9

Frazione grossolana > 63 µm 99,1%				Frazione pelitica < 63 µm 0,9%	
% Ghiaia 49,8	% Sabbia 49,3	% Sabbia molto grossolana	18,1	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	21,8		
		% Sabbia media	7,5		
		% Sabbia fine	1,4		
		% Sabbia finissima	0,5		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	49,8	49,8
-0,5	1,410	7,7	57,4
0	1,000	10,4	67,8
0,5	0,710	7,8	75,7
1	0,500	14,0	89,7
1,5	0,350	6,0	95,7
2	0,250	1,4	97,2
2,5	0,177	0,9	98,1
3	0,125	0,6	98,6
3,5	0,088	0,2	98,8
4	0,063	0,3	99,1
4,5-11,5	< 0,063	0,9	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	-1,000
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	-1,000
75	0,322
84	0,737
95	1,599

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Ghiaia sabbiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

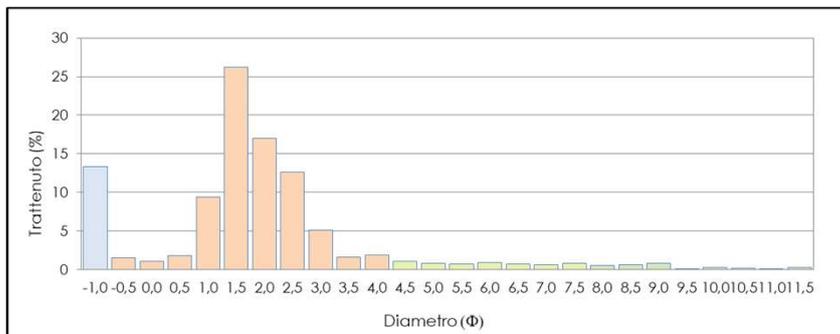
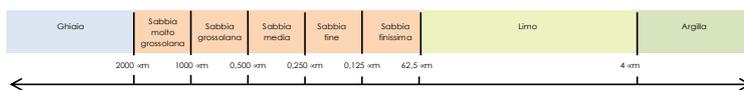
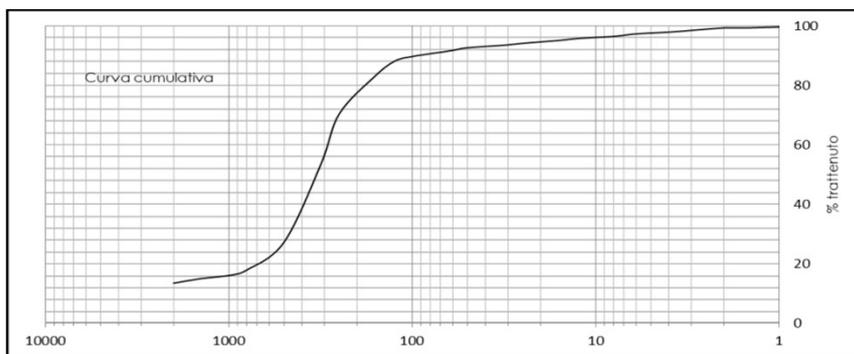


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	11/05/2021
Codice campione	Sm
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	91,5
% < 63 µm	8,5

Frazione grossolana > 63 µm 91,5%				Frazione pelitica < 63 µm 8,5%	
% Ghiaia 13,4	% Sabbia 78,1	% Sabbia molto grossolana	2,6	% Limo 6,3	% Argilla 2,2
		% Sabbia grossolana	11,2		
		% Sabbia media	43,2		
		% Sabbia fine	17,6		
		% Sabbia finissima	3,5		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	13,4	13,4
-0,5	1,410	1,5	14,9
0	1,000	1,1	16,0
0,5	0,710	1,8	17,8
1	0,500	9,4	27,2
1,5	0,350	26,2	53,3
2	0,250	17,0	70,3
2,5	0,177	12,6	83,0
3	0,125	5,1	88,0
3,5	0,088	1,6	89,6
4	0,063	1,9	91,5
4,5	50	1,1	92,6
5,0	32	0,8	93,4
5,5	24	0,8	94,2
6,0	16	0,9	95,0
6,5	12	0,7	95,8
7,0	8	0,6	96,4
7,5	6	0,9	97,2
8,0	4	0,6	97,8
8,5	3	0,6	98,4
9,0	2	0,8	99,2
9,5	1,5	0,0	99,3
10,0	1	0,3	99,5
10,5	0,75	0,2	99,7
11,0	0,5	0,1	99,8
11,5	0,25	0,2	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	1,400
Mode	1,500
Median	1,556
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	0,000
25	0,916
50	1,556
75	2,184
84	2,644
95	5,878

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato***** **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

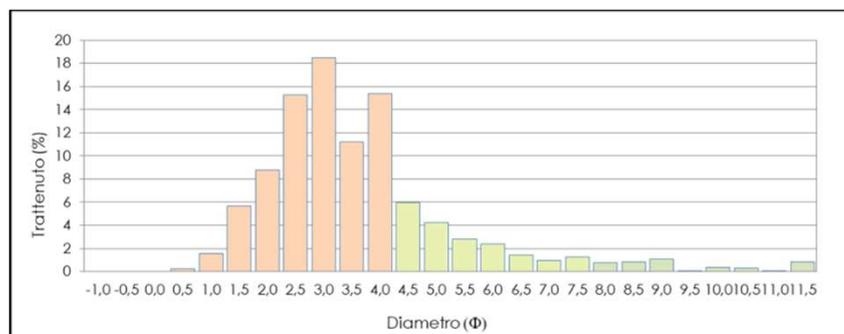
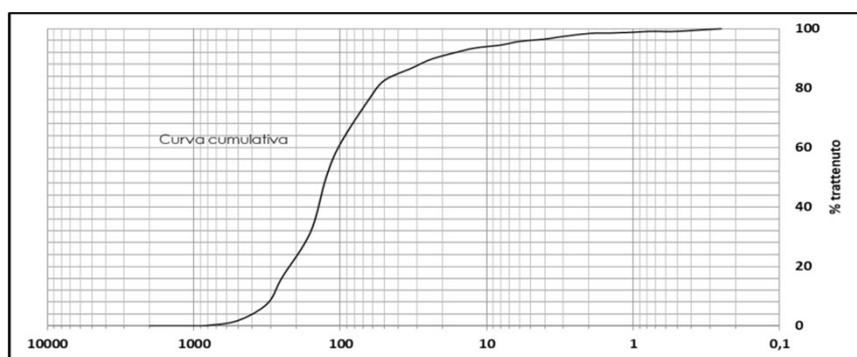
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	20/04/2021
Codice campione	Sv1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	33
% > 63 µm	76,6
% < 63 µm	23,4

Frazione grossolana > 63 µm 76,6%				Frazione pelitica < 63 µm 23,4%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	0	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	1,8		
		% Sabbia media	14,5		
		% Sabbia fine	33,7		
		% Sabbia finissima	26,6		
				19,9	3,5

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	0,0	0,0
-0,5	1,410	0,0	0,0
0	1,000	0,0	0,0
0,5	0,710	0,2	0,2
1	0,500	1,6	1,8
1,5	0,350	5,7	7,5
2	0,250	8,8	16,3
2,5	0,177	15,3	31,5
3	0,125	18,5	50,0
3,5	0,088	11,2	61,3
4	0,063	15,4	76,6
4,5	50	6,0	82,6
5,0	32	4,3	86,9
5,5	24	2,8	89,7
6,0	16	2,4	92,1
6,5	12	1,4	93,5
7,0	8	1,0	94,5
7,5	6	1,2	95,7
8,0	4	0,8	96,5
8,5	3	0,9	97,4
9,0	2	1,1	98,4
9,5	1,5	0,0	98,5
10,0	1	0,4	98,8
10,5	0,75	0,3	99,1
11,0	0,5	0,0	99,1
11,5	0,25	0,9	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	3,110
Mode	3,000
Median	2,943
Skewness	0,346
Kurtosis	1,534
Standard deviation	1,502
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	1,474
16	1,943
25	2,396
50	2,943
75	3,943
84	4,442
95	7,265

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

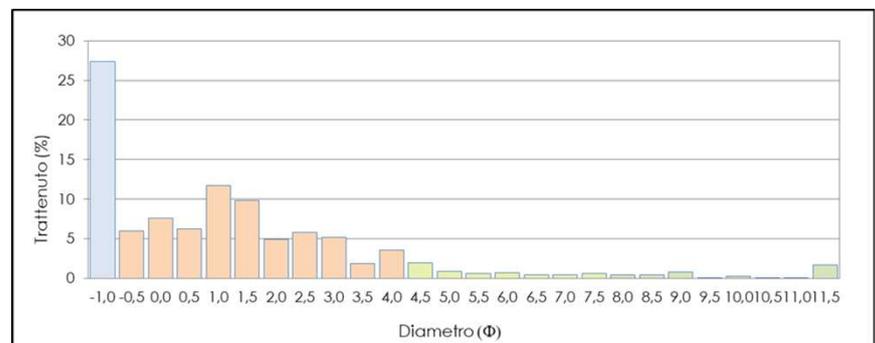
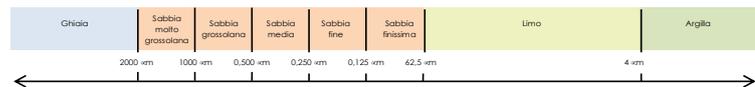
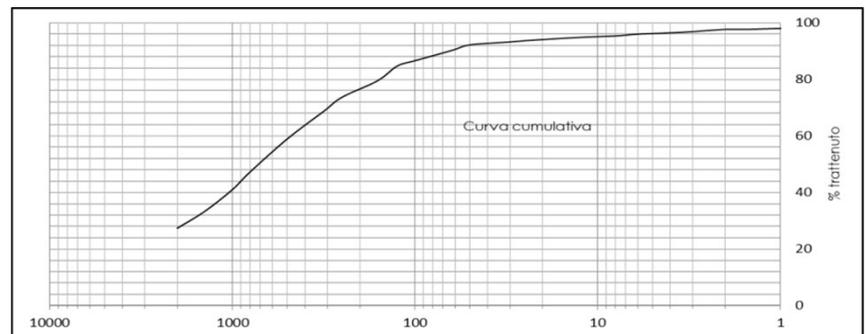
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24: 151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	12/07/2021
Codice campione	TL1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	90,2
% < 63 µm	9,8

Frazione grossolana > 63 µm 90,2%				Frazione pelitica < 63 µm 9,8%	
% Ghiaia 27,4	% Sabbia 62,8	% Sabbia molto grossolana	13,6	% Limo 6,3	% Argilla 3,5
		% Sabbia grossolana	18,0		
		% Sabbia media	14,7		
		% Sabbia fine	11,0		
		% Sabbia finissima	5,5		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	27,4	27,4
-0,5	1,410	6,0	33,3
0	1,000	7,6	41,0
0,5	0,710	6,2	47,2
1	0,500	11,7	58,9
1,5	0,350	9,8	68,8
2	0,250	5,0	73,7
2,5	0,177	5,8	79,5
3	0,125	5,2	84,7
3,5	0,088	1,9	86,6
4	0,063	3,6	90,2
4,5	50	2,0	92,2
5,0	32	0,9	93,1
5,5	24	0,6	93,8
6,0	16	0,7	94,5
6,5	12	0,5	94,9
7,0	8	0,4	95,4
7,5	6	0,6	96,0
8,0	4	0,5	96,5
8,5	3	0,5	96,9
9,0	2	0,8	97,7
9,5	1,5	0,0	97,7
10,0	1	0,3	98,0
10,5	0,75	0,1	98,1
11,0	0,5	0,1	98,3
11,5	0,25	1,7	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	0,000
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	0,515
75	2,120
84	2,889
95	6,644

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato

Sabbia ghiaiosa

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

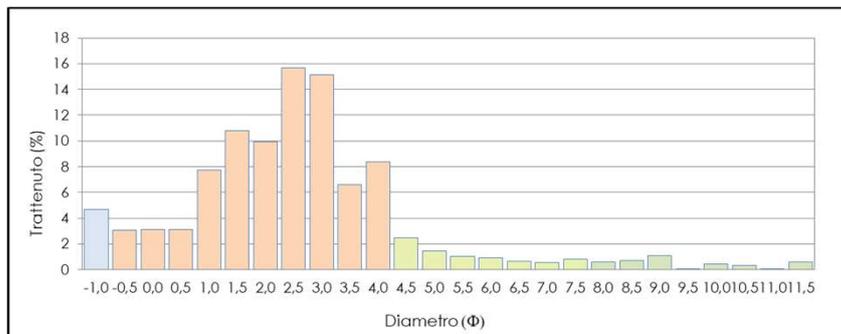
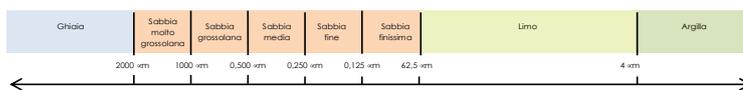
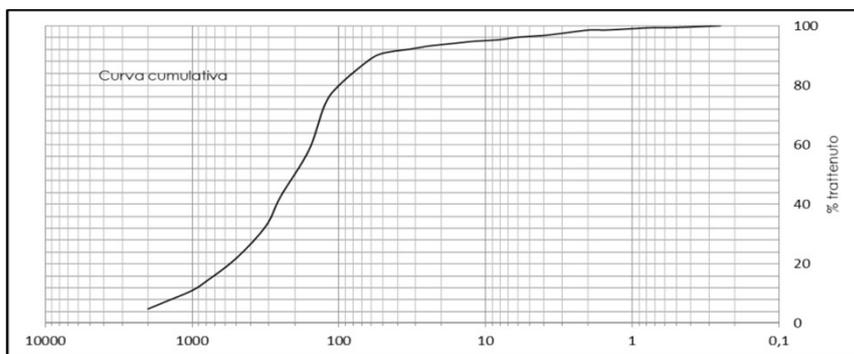


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	05/05/2021
Codice campione	Tn2
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	88,2
% < 63 µm	11,8

Frazione grossolana > 63 µm 88,2%				Frazione pelitica < 63 µm 11,8%	
% Ghiaia 4,7	% Sabbia 83,5	% Sabbia molto grossolana	6,2	% Limo 8,5	% Argilla 3,3
		% Sabbia grossolana	10,9		
		% Sabbia media	20,7		
		% Sabbia fine	30,7		
		% Sabbia finissima	15,0		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	4,7	4,7
-0,5	1,410	3,1	7,8
0	1,000	3,1	10,9
0,5	0,710	3,1	14,0
1	0,500	7,7	21,8
1,5	0,350	10,8	32,5
2	0,250	9,9	42,5
2,5	0,177	15,7	58,2
3	0,125	15,1	73,3
3,5	0,088	6,6	79,9
4	0,063	8,4	88,2
4,5	50	2,5	90,7
5,0	32	1,5	92,2
5,5	24	1,0	93,2
6,0	16	0,9	94,1
6,5	12	0,6	94,7
7,0	8	0,6	95,3
7,5	6	0,8	96,1
8,0	4	0,6	96,7
8,5	3	0,7	97,4
9,0	2	1,1	98,5
9,5	1,5	0,0	98,5
10,0	1	0,4	99,0
10,5	0,75	0,3	99,3
11,0	0,5	0,1	99,4
11,5	0,25	0,6	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	2,160
Mode	2,500
Median	2,322
Skewness	0,005
Kurtosis	1,892
Standard deviation	1,989
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	-1,000
16	0,515
25	1,218
50	2,322
75	2,943
84	3,644
95	6,966

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

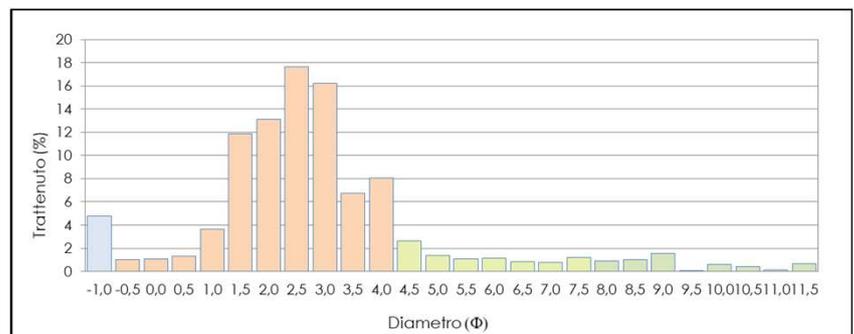
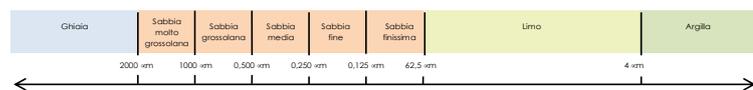
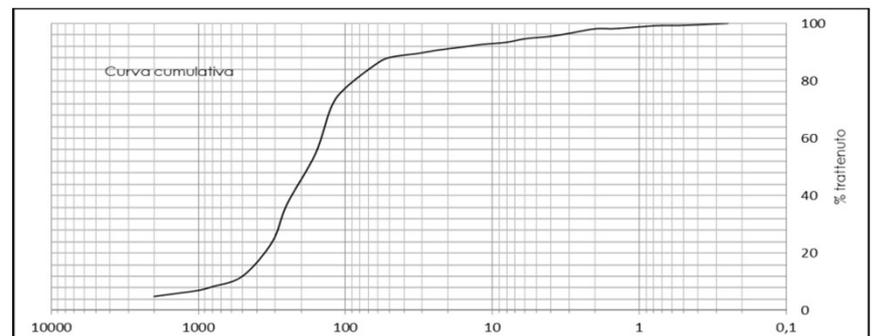


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	05/05/2021
Codice campione	Tn3bis
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	85,5
% < 63 µm	14,5

Frazione grossolana > 63 µm 85,5%				Frazione pelitica < 63 µm 14,5%	
% Ghiaia 4,8	% Sabbia 80,7	% Sabbia molto grossolana	2,1	% Limo 10,0	% Argilla 4,5
		% Sabbia grossolana	5,0		
		% Sabbia media	25,0		
		% Sabbia fine	33,8		
		% Sabbia finissima	14,8		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	4,8	4,8
-0,5	1,410	1,0	5,8
0	1,000	1,1	6,9
0,5	0,710	1,3	8,2
1	0,500	3,7	11,9
1,5	0,350	11,9	23,7
2	0,250	13,1	36,9
2,5	0,177	17,6	54,5
3	0,125	16,2	70,7
3,5	0,088	6,7	77,4
4	0,063	8,1	85,5
4,5	50	2,6	88,1
5,0	32	1,4	89,5
5,5	24	1,1	90,6
6,0	16	1,1	91,8
6,5	12	0,9	92,6
7,0	8	0,8	93,4
7,5	6	1,2	94,6
8,0	4	0,9	95,5
8,5	3	1,0	96,5
9,0	2	1,6	98,1
9,5	1,5	0,0	98,1
10,0	1	0,6	98,8
10,5	0,75	0,4	99,2
11,0	0,5	0,1	99,3
11,5	0,25	0,7	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	2,544
Mode	2,500
Median	2,474
Skewness	0,140
Kurtosis	2,680
Standard deviation	1,938
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	-1,000
16	1,322
25	1,737
50	2,474
75	3,059
84	3,837
95	7,644

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato*

Sabbia

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

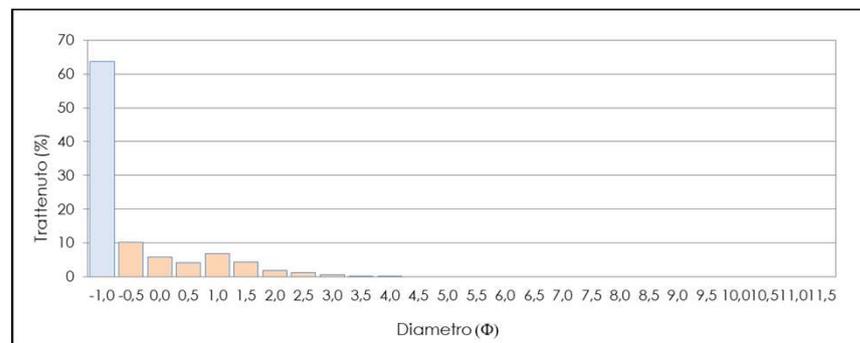
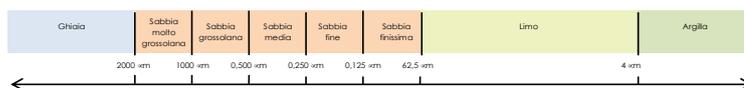
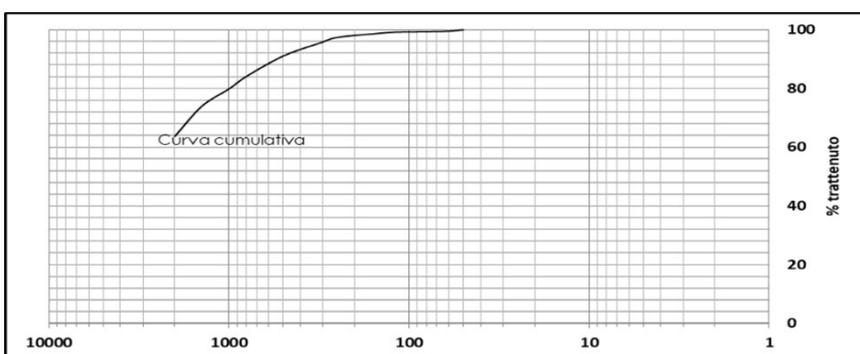


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	29/03/2021
Codice campione	Tu1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	99,5
% < 63 µm	0,5

Frazione grossolana > 63 µm				99,5%		Frazione pelitica < 63 µm		0,5%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	16,1	% Limo	% Argilla				
		% Sabbia grossolana	11,3						
		% Sabbia media	6,4						
		% Sabbia fine	1,7						
		% Sabbia finissima	0,3						

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	63,7	63,7
-0,5	1,410	10,3	74,0
0	1,000	5,9	79,9
0,5	0,710	4,3	84,1
1	0,500	6,9	91,1
1,5	0,350	4,4	95,4
2	0,250	2,0	97,4
2,5	0,177	1,2	98,6
3	0,125	0,6	99,1
3,5	0,088	0,1	99,3
4	0,063	0,2	99,5
4,5-11,5	< 0,063	0,5	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	
Mode	-1,000
Median	
Skewness	
Kurtosis	
Standard deviation	
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	
16	
25	
50	
75	-0,433
84	0,322
95	1,599

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato

Ghiaia sabbiosa

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

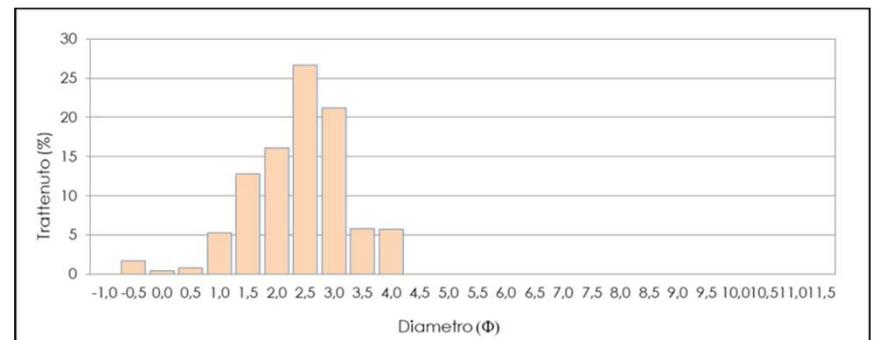
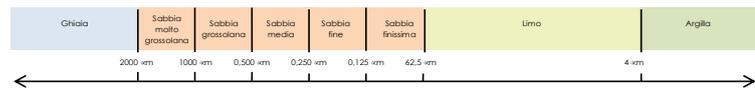
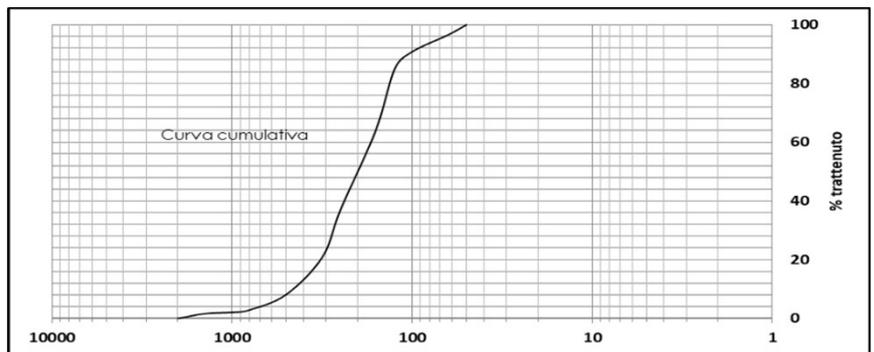


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_1.44
Data campionamento	29/03/2021
Codice campione	Tu2
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 μ m	96,6
% < 63 μ m	3,4

Frazione grossolana > 63 μ m 96,6%				Frazione pelitica < 63 μ m 3,4%		
% Ghiaia	% Sabbia	96,6	% Sabbia molto grossolana	2,1	% Limo	
			% Sabbia grossolana	6,1		% Argilla
			% Sabbia media	28,9		
			% Sabbia fine	47,9		
			% Sabbia finissima	11,6		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	0,0	0,0
-0,5	1,410	1,7	1,7
0	1,000	0,4	2,1
0,5	0,710	0,8	2,9
1	0,500	5,3	8,2
1,5	0,350	12,8	21,0
2	0,250	16,1	37,0
2,5	0,177	26,7	63,7
3	0,125	21,3	85,0
3,5	0,088	5,8	90,8
4	0,063	5,8	96,6
4,5-11,5	< 0,063	3,4	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	2,233
Mode	2,500
Median	2,322
Skewness	-0,117
Kurtosis	1,254
Standard deviation	0,864
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	0,621
16	1,434
25	1,786
50	2,322
75	2,837
84	2,943
95	3,837

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato	Sabbia
---	---------------

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26
 **Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158
 ***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

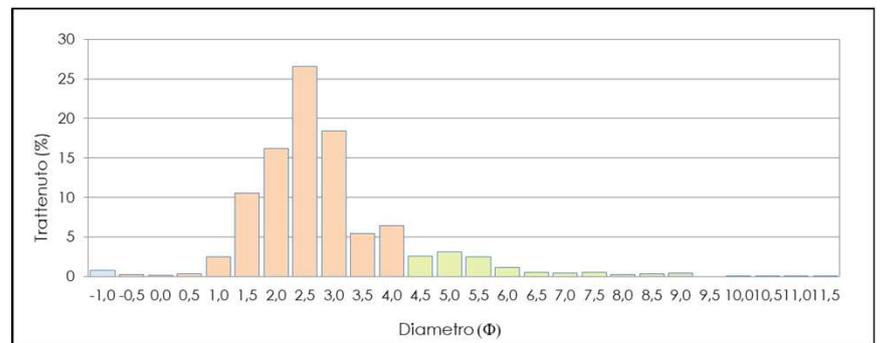
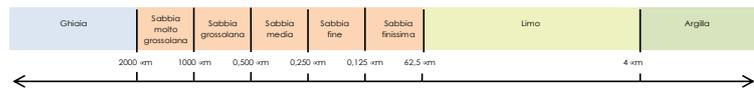
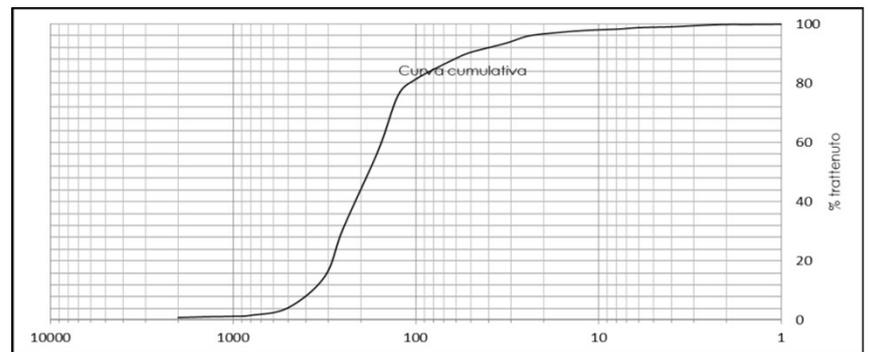


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	17/05/2021
Codice campione	V1
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	87,7
% < 63 µm	12,3

Frazione grossolana > 63 µm 87,7%				Frazione pelitica < 63 µm 12,3%	
% Ghiaia 0,8	% Sabbia 86,9	% Sabbia molto grossolana	0,4	% Limo 11,2	% Argilla 1,1
		% Sabbia grossolana	2,9		
		% Sabbia media	26,7		
		% Sabbia fine	45,0		
		% Sabbia finissima	11,9		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	0,8	0,8
-0,5	1,410	0,2	1,0
0	1,000	0,2	1,2
0,5	0,710	0,3	1,5
1	0,500	2,5	4,1
1,5	0,350	10,6	14,6
2	0,250	16,2	30,8
2,5	0,177	26,6	57,4
3	0,125	18,4	75,8
3,5	0,088	5,4	81,3
4	0,063	6,4	87,7
4,5	50	2,6	90,3
5,0	32	3,1	93,4
5,5	24	2,5	95,9
6,0	16	1,2	97,1
6,5	12	0,6	97,7
7,0	8	0,5	98,2
7,5	6	0,5	98,7
8,0	4	0,3	98,9
8,5	3	0,4	99,3
9,0	2	0,4	99,7
9,5	1,5	0,0	99,7
10,0	1	0,1	99,8
10,5	0,75	0,1	99,9
11,0	0,5	0,0	99,9
11,5	0,25	0,1	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	2,618
Mode	2,500
Median	2,474
Skewness	0,315
Kurtosis	1,845
Standard deviation	1,194
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	1,059
16	1,737
25	1,837
50	2,474
75	2,889
84	3,644
95	5,796

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato***** **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

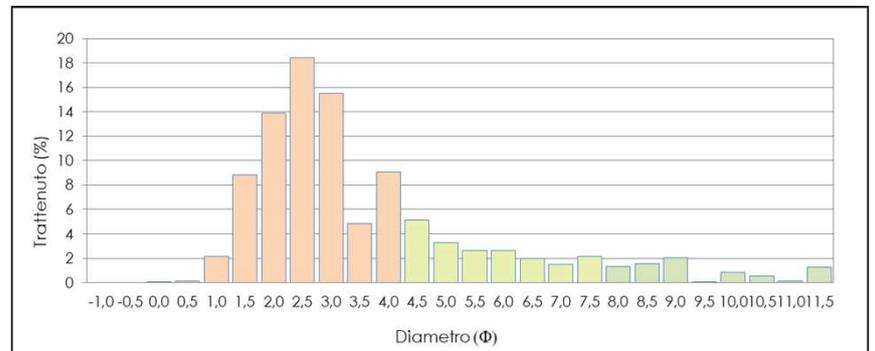
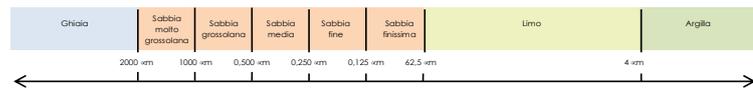
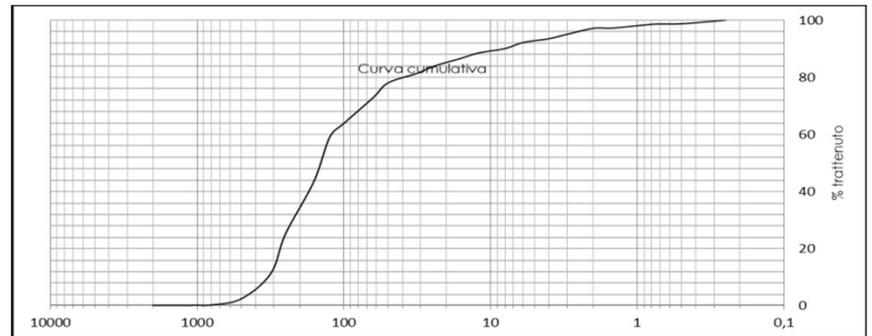


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	04/05/2021
Codice campione	V2
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	72,9
% < 63 µm	27,1

Frazione grossolana > 63 µm 72,9%				Frazione pelitica < 63 µm 27,1%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	0	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	2,3		
		% Sabbia media	22,8		
		% Sabbia fine	33,9		
		% Sabbia finissima	13,9		
				20,6	6,5

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	0,0	0,0
-0,5	1,410	0,0	0,0
0	1,000	0,0	0,0
0,5	0,710	0,1	0,2
1	0,500	2,1	2,3
1,5	0,350	8,8	11,1
2	0,250	13,9	25,1
2,5	0,177	18,4	43,5
3	0,125	15,5	59,0
3,5	0,088	4,8	63,8
4	0,063	9,1	72,9
4,5	50	5,1	78,0
5,0	32	3,3	81,3
5,5	24	2,7	83,9
6,0	16	2,6	86,6
6,5	12	2,0	88,5
7,0	8	1,5	90,0
7,5	6	2,1	92,2
8,0	4	1,3	93,5
8,5	3	1,6	95,1
9,0	2	2,1	97,1
9,5	1,5	0,1	97,2
10,0	1	0,9	98,0
10,5	0,75	0,6	98,6
11,0	0,5	0,1	98,7
11,5	0,25	1,3	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	0,282
Mode	2,500
Median	-0,585
Skewness	0,592
Kurtosis	1,321
Standard deviation	2,183
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	-2,000
16	-1,511
25	-1,379
50	-0,585
75	0,811
84	2,943
95	5,059

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia pelitica**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

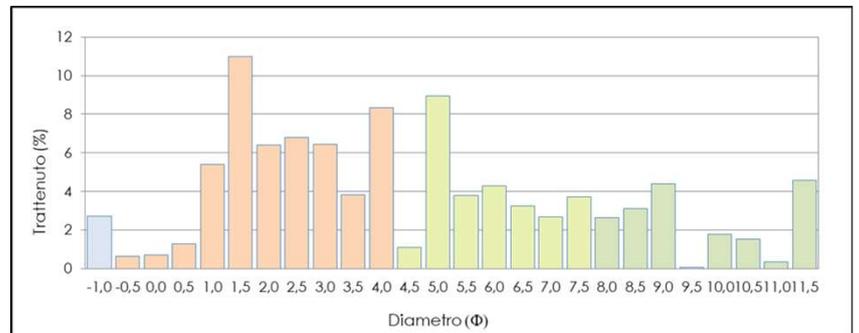
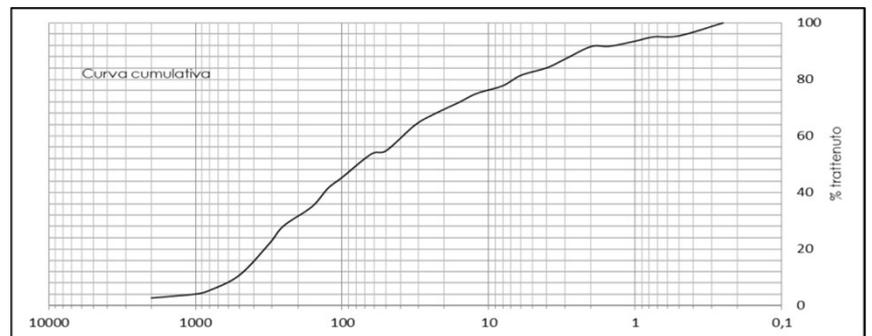
**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	26/04/2021
Codice campione	V3bis
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	53,7
% < 63 µm	46,3

Frazione grossolana > 63 µm 53,7%				Frazione pelitica < 63 µm 46,3%	
% Ghiaccia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	1,4	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	6,7		
		% Sabbia media	17,4		
		% Sabbia fine	13,3		
2,7	51,0	% Sabbia finissima	12,2	30,4	15,9

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	2,7	2,7
-0,5	1,410	0,7	3,4
0	1,000	0,7	4,1
0,5	0,710	1,3	5,4
1	0,500	5,4	10,8
1,5	0,350	11,0	21,8
2	0,250	6,4	28,2
2,5	0,177	6,8	35,0
3	0,125	6,4	41,5
3,5	0,088	3,8	45,3
4	0,063	8,3	53,7
4,5	50	1,1	54,8
5,0	32	8,9	63,7
5,5	24	3,8	67,5
6,0	16	4,3	71,8
6,5	12	3,2	75,1
7,0	8	2,7	77,8
7,5	6	3,7	81,5
8,0	4	2,6	84,1
8,5	3	3,1	87,2
9,0	2	4,4	91,6
9,5	1,5	0,1	91,7
10,0	1	1,8	93,5
10,5	0,75	1,5	95,0
11,0	0,5	0,4	95,4
11,5	0,25	4,6	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	4,323
Mode	1,500
Median	3,644
Skewness	0,334
Kurtosis	0,961
Standard deviation	3,225
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	0,322
16	1,358
25	1,837
50	3,644
75	6,265
84	7,966
95	10,703

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Sabbia pelitica**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

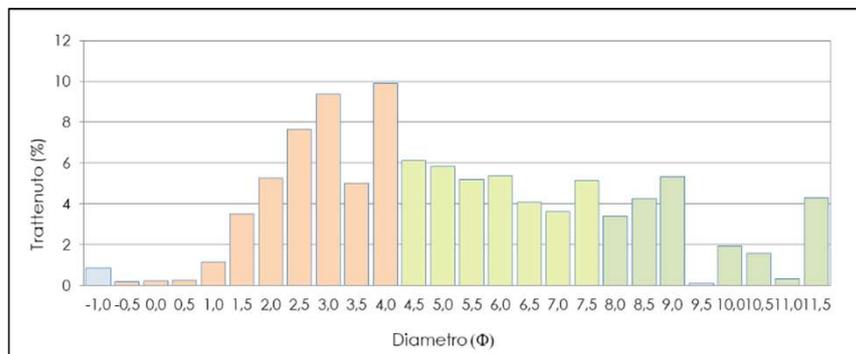
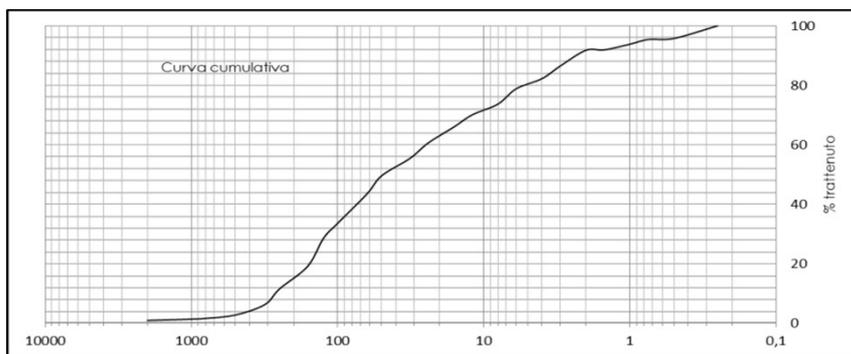


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	28/04/2021
Codice campione	V5
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	43,4
% < 63 µm	56,6

Frazione grossolana > 63 µm 43,4%				Frazione pelitica < 63 µm 56,6%	
% Ghiaia 0,8	% Sabbia 42,6	% Sabbia molto grossolana	0,4	% Limo 38,8	% Argilla 17,8
		% Sabbia grossolana	1,4		
		% Sabbia media	8,8		
		% Sabbia fine	17,1		
		% Sabbia finissima	14,9		

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	0,8	0,8
-0,5	1,410	0,2	1,0
0	1,000	0,2	1,3
0,5	0,710	0,3	1,5
1	0,500	1,1	2,7
1,5	0,350	3,5	6,2
2	0,250	5,3	11,4
2,5	0,177	7,7	19,1
3	0,125	9,4	28,5
3,5	0,088	5,0	33,5
4	0,063	9,9	43,4
4,5	50	6,1	49,5
5,0	32	5,8	55,3
5,5	24	5,2	60,5
6,0	16	5,4	65,9
6,5	12	4,1	70,0
7,0	8	3,6	73,6
7,5	6	5,2	78,8
8,0	4	3,4	82,2
8,5	3	4,2	86,4
9,0	2	5,3	91,7
9,5	1,5	0,1	91,8
10,0	1	1,9	93,8
10,5	0,75	1,6	95,4
11,0	0,5	0,3	95,7
11,5	0,25	4,3	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	1,623
Mode	4,000
Median	1,000
Skewness	0,354
Kurtosis	0,864
Standard deviation	2,805
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	-1,807
16	-0,926
25	-0,485
50	1,000
75	3,816
84	4,796
95	7,265

Classificazione secondo Shepard (1954) modificato* **Pelite sabbiosa**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

Progetto ISSPA- Misura 1.44

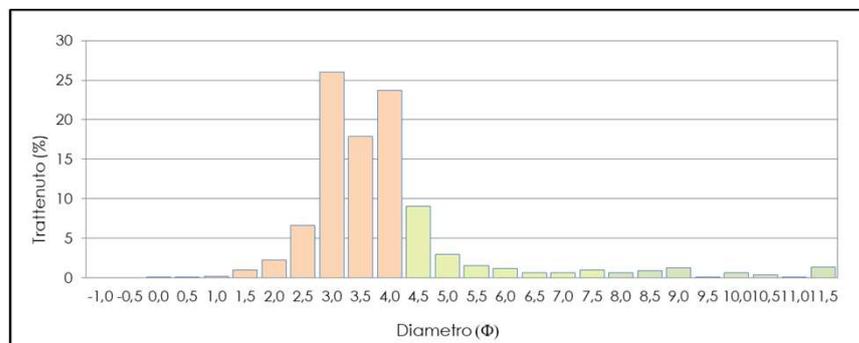
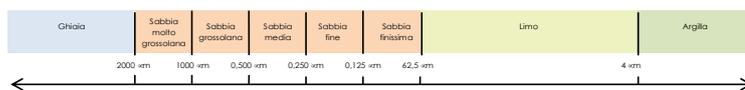
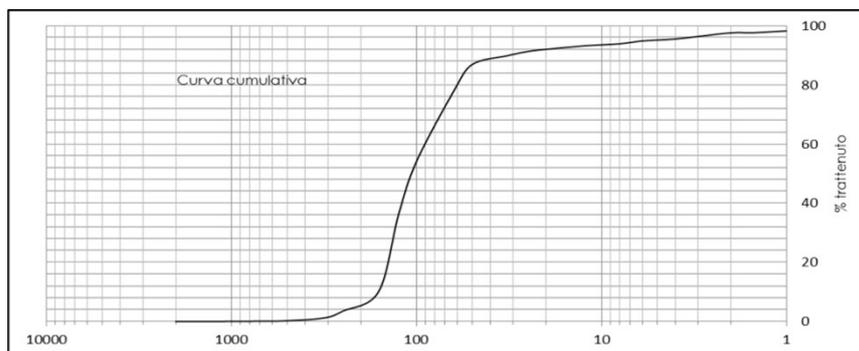


Laboratorio di sedimentologia (OEM)

Nome campagna	ISSPA_ 1.44
Data campionamento	27/04/2021
Codice campione	V7
Tipologia	Sedimento fluviale
Peso totale (g)	50
% > 63 µm	77,8
% < 63 µm	22,2

Frazione grossolana > 63 µm 77,8%				Frazione pelitica < 63 µm 22,2%	
% Ghiaia	% Sabbia	% Sabbia molto grossolana	0	% Limo	% Argilla
		% Sabbia grossolana	0,2		
		% Sabbia media	3,3		
		% Sabbia fine	32,7		
		% Sabbia finissima	41,6		
			77,8	17,7	4,5

Dimensioni		Frequenza semplice	Frequenza cumulata
(Φ)	(mm)	(%)	(%)
-1	2,000	0,0	0,0
-0,5	1,410	0,0	0,0
0	1,000	0,0	0,0
0,5	0,710	0,0	0,1
1	0,500	0,2	0,2
1,5	0,350	1,0	1,2
2	0,250	2,3	3,5
2,5	0,177	6,6	10,2
3	0,125	26,0	36,2
3,5	0,088	17,9	54,1
4	0,063	23,7	77,8
4,5	50	9,1	86,9
5,0	32	3,0	89,9
5,5	24	1,6	91,4
6,0	16	1,1	92,6
6,5	12	0,6	93,2
7,0	8	0,6	93,8
7,5	6	1,0	94,8
8,0	4	0,6	95,5
8,5	3	0,9	96,3
9,0	2	1,2	97,6
9,5	1,5	0,0	97,6
10,0	1	0,6	98,2
10,5	0,75	0,3	98,5
11,0	0,5	0,1	98,6
11,5	0,25	1,4	100



Parametri statistici	
Mean (Φ)	0,001
Mode	3,000
Median	-0,202
Skewness	0,614
Kurtosis	3,505
Standard deviation	1,677
*Folk & Ward (1957)	

Percentili	Phi (Φ)
5	-1,000
16	-0,632
25	-0,433
50	-0,202
75	0,578
84	0,837
95	7,644

****Classificazione secondo Shepard (1954) modificato**** **Sabbia**

*Folk RL, Ward WC. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J Sediment Petrol. 1957;27:3-26

**Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J Sediment Petrol. 1958;24:151-158

***Romano, E. et al. F. Analisi Granulometriche Dei Sedimenti Marini. Linee Guida SNPA 18/2018 ISPRA Roma, Italy, 2018

ENEA
Servizio Promozione e Comunicazione
www.enea.it

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati
novembre 2024