



CENTRO NAZIONALE
PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI
E FISICA COMPUTAZIONALE



DIPARTIMENTO
AMBIENTE E SALUTE



SERVIZIO TECNICO-SCIENTIFICO
STATISTICA

Relazione Tecnica Finale

Accordo di collaborazione tra ISS e Comune di Policoro su "Valutazione dei fattori ambientali nell'area circostante il sito **ITREC ENEA-TRISAIA** e della loro incidenza sullo stato di salute della popolazione residente, con particolare riferimento alle attività svolte in passato nel sito e nell'area"

APRILE 2022

SOMMARIO

Sommario	3
Premessa	6
Introduzione	6
Linea di ricerca A – Studio della qualità dei suoli ad uso agricolo e dei sedimenti fluviali e marini: monitoraggio e relative valutazioni	13
Generalità	13
Attività analitica	13
Risultati	14
Linea di ricerca B – Studio, monitoraggio e valutazione della radioattività nei suoli ad uso agricolo e nei fanghi, e valutazione dei rischi connessi	21
Tecnica di misura della concentrazione di attività di radionuclidi nelle matrici di interesse	21
Protocollo di misura adottato	22
Risultati di misura	22
Concentrazione di ^{137}Cs in sabbia di mare	23
Concentrazione di ^{137}Cs in sedimento fluviale	24
Concentrazione di ^{137}Cs in suolo di pascolo	25
Conclusioni	26
Linea di Ricerca C - Valutazione della qualità delle acque interne, destinate al consumo umano ed irriguo	28
Introduzione ed attività preliminari	28
Elaborazione dei dati	29
Conclusioni	29
Linea di Ricerca D – Valutazione del profilo tossicologico degli inquinanti e stime del rischio per la salute umana	31
Generalità	31
Linea di Ricerca E - Sorveglianza epidemiologica	36
Mortalità	36
<i>Fonte dei Dati</i>	36
<i>Indicatori calcolati</i>	36
Ospedalizzazione	37
<i>Fonte dei Dati</i>	37
<i>Indicatori calcolati</i>	37
Regole della Privacy	38
Commento ai Risultati	38

Conclusioni Finali	41
--------------------	----

Bibliografia	43
--------------	----

Allegati alla Relazione Finale	45
--------------------------------	----

PREMESSA

L'accordo di collaborazione scientifica sottoscritto tra l'Istituto Superiore di Sanità e il Comune di Policoro ha avuto come obiettivo la valutazione dei possibili rischi per la salute della popolazione residente nelle aree potenzialmente interessate dai rilasci del sito **ITREC ENEA-TRISAIA** ubicato nel comune di Rotondella con particolare riferimento alle attività svolte in passato nel sito e nell'area. Come previsto dall'accordo di collaborazione i Comuni su cui è stato condotto lo studio sono Policoro, Nova Siri, Rotondella, Tursi e Scansano Jonico.

La valutazione dei possibili rischi per la salute della popolazione residente nelle aree selezionate ha richiesto la coesistenza di linee di ricerca complementari e interdipendenti con attività in campo mirate ad una esaustiva caratterizzazione del fenomeno di contaminazione, e di analisi per la valutazione degli esiti sanitari potenzialmente connessi all'esposizione nella popolazione residente. A tale scopo si è reso necessario avviare congiuntamente, con il supporto e la partecipazione degli Enti territoriali (Regione, Comuni, ARPAB, AST ecc.), un piano di monitoraggio ambientale e sorveglianza epidemiologica.

Lo studio ha visto coinvolti, ognuno per le proprie competenze:

- Il Dipartimento Ambiente e Salute
- Il Centro Nazionale per la Protezione dalle Radiazioni e Fisica Computazionale.
- Il Servizio Tecnico scientifico di Statistica.

Nella presente relazione sono descritte, per ciascuna Unità Operativa, le attività svolte, i risultati ottenuti, le rispettive valutazioni e le considerazioni finali.

INTRODUZIONE

Lo studio, come riportato in premessa, verte sui possibili impatti sanitari a cui la popolazione, residente nei Comuni di Policoro, Scansano Jonico, Rotondella, Nova Siri, e Tursi è esposta a causa dell'attività condotta nell'impianto ITREC, situato nel comune di Rotondella.

Come previsto dall'accordo di collaborazione, il progetto è stato articolato su 5 linee di ricerca distinte:

- **La linea di Ricerca A**, relativa allo studio della qualità dei suoli ad uso agricolo (applicazione del DM 46/2019), dei sedimenti fluviali e degli arenili. Tale attività è stata svolta mediante monitoraggi e conseguente valutazione.
- **La linea di Ricerca B**, relativa alla valutazione della concentrazione, nei suoli (anche ad uso diverso da quello agricolo), nei sedimenti fluviali e nelle sabbie marine, di radionuclidi potenzialmente connessi con le attività condotte all'interno del sito **ITREC ENEA-TRISAIA**.

Le attività condotte hanno visto il campionamento di aliquote delle matrici campionate, la successiva misura presso il Laboratorio di Radioattività dell'Istituto Superiore di Sanità e l'analisi dei risultati ottenuti.

- La **linea di Ricerca C**, per la valutazione della qualità delle acque interne destinate al consumo umano ed irriguo. L'attività è stata condotta mediante la raccolta di informazioni documentali rese disponibili dalle autorità locali e dai diversi soggetti coinvolti.
- La **linea di Ricerca D**, per la valutazione del profilo tossicologico degli inquinanti selezionati. L'obiettivo è stato perseguito mediante la raccolta di informazioni relativamente a microinquinanti inorganici e organici.
- La **linea di Ricerca E**, con fine ultimo la sorveglianza epidemiologica. L'attività è stata strutturata sulla lettura incrociata di diversi database, tra cui il database della Mortalità per causa e quello delle Schede di Dimissione Ospedaliera. Per ognuno dei database, sono stati calcolati opportuni indicatori statistici.

Le unità operative della linea A e della linea B, in stretta condivisione, hanno predisposto ed eseguito piani di campionamento e monitoraggio delle matrici ambientali (per maggiori approfondimenti si rimanda alla Relazione Intermedia – Luglio 2021). Nella presente Relazione sono riportati i risultati e le elaborazioni dei dati prodotti dalle singole unità, ognuno per le proprie competenze.

I contaminanti indice selezionati, ricercati nelle indagini analitiche della linea di ricerca A e oggetto delle valutazioni per la linea di ricerca D sono stati:

- per i suoli, Antimonio (Sb), Arsenico (As), Berillio (Be), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo totale (Cr), Cromo esavalente (CrVI), Mercurio (Hg), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Rame (Cu), Selenio (Se), Tallio (Tl), Vanadio (V) e Zinco (Zn). Policlorobifenili (PCB_{dl} e PCB_{tot}), Diossine e Furani.
- per le acque: Tricloroetilene, Tetracloroetilene e Cromo esavalente

Le attività della linea di ricerca B sono state volte ad identificare

- concentrazione di attività di radionuclidi artificiali quali:

- ¹³⁷Cs;
- ⁶⁰Co;
- ²⁴¹Am.

- Concentrazione di attività di radionuclidi naturali quali:

- ²²⁸Ac;
- ²¹²Bi;
- ²¹²Pb;
- ²²⁶Ra;

- ^{214}Pb ;
- ^{214}Bi ;
- ^{208}Tl ;
- ^{40}K ;
- ^{235}U
- ^{234}Th
- $^{234\text{m}}\text{Pa}$

L'acquisizione del database delle misure esistenti, realizzate dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Basilicata (ARPAB) nel periodo 2006–2018, ha permesso di identificare un totale di 66 siti sottoposti ad attività di campionamento e successiva misura. Nello specifico sono stati riconosciuti 24 punti di campionamento per sedimenti fluviali, 7 punti per sabbie marine e 35 punti per suoli ad uso agricolo.



Figura 1 – Localizzazione delle misure precedentemente realizzate dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Basilicata (ARPAB).

In base alla documentazione e alle informazioni richieste dall'ISS al Comune di Policoro e agli Enti locali, è stato quindi predisposto un piano di campionamento specifico per le finalità dell'Accordo descritto. I punti di campionamento per le linee di ricerca A e B sono stati selezionati rispondendo all'intento di un'ulteriore caratterizzazione del territorio rispetto all'attività precedentemente condotta da ARPAB. Nella selezione sono state considerate posizioni potenzialmente interessate dalle contaminazioni eventualmente rilasciate dal sito in studio e posizioni per cui, allo stato attuale della

conoscenza, non esistono ragioni per supporre l'esistenza di contaminazioni. Nello specifico, i punti di campionamento sono stati scelti in accordo ai seguenti criteri:

1. Prosecuzione della serie storica esistente di campionamenti e misure: al fine di raccordare questo monitoraggio con le attività di monitoraggio svolte finora, si è deciso di effettuare un numero limitato di campionamenti (circa 10) in punti già studiati negli anni sia da ARPAB che dal Laboratorio ITREC. Tale criterio risponde, inoltre, alla necessità, da parte dell'Istituto Superiore di Sanità, di garantire un controllo della qualità dei risultati delle misure realizzate dal Laboratorio di Radioattività nell'ambito della linea di ricerca B.
2. Caratterizzazione completa del territorio dei Comuni di interesse: gli altri campionamenti, più di venti, effettuati in punti non ancora studiati e che possono contribuire alla ulteriore caratterizzazione dell'area. In tal senso:
 - a. Una caratterizzazione a maggiore risoluzione spaziale (i.e. un numero maggiore di campioni per unità d'area) è stata assicurata in corrispondenza delle aree prossime al sito ITREC ENEA-TRISAIA e dei punti di presunto accumulo preferenziale sulla base dello studio dei corsi d'acqua della zona e delle carte metereologiche del sito (i.e. venti prevalenti).
 - b. Una caratterizzazione a minore risoluzione spaziale (i.e. un numero minore di campioni per unità d'area) è stata prevista nelle aree diverse da quelle individuate al punto a.

Nello specifico, sono stati individuati:

- punti a monte e a valle, rispetto alla direzione di efflusso del fiume Sinni;
- punti sopravento e sottovento, rispetto alla posizione dell'impianto ITREC, con riferimento alla rosa dei venti prevalenti della zona (Figura 2).

Sono stati individuati un totale di 32 punti di campionamento distinti, 6 per sedimenti fluviali, 8 per sabbie marine e 18 per suoli ad uso agricolo.

7

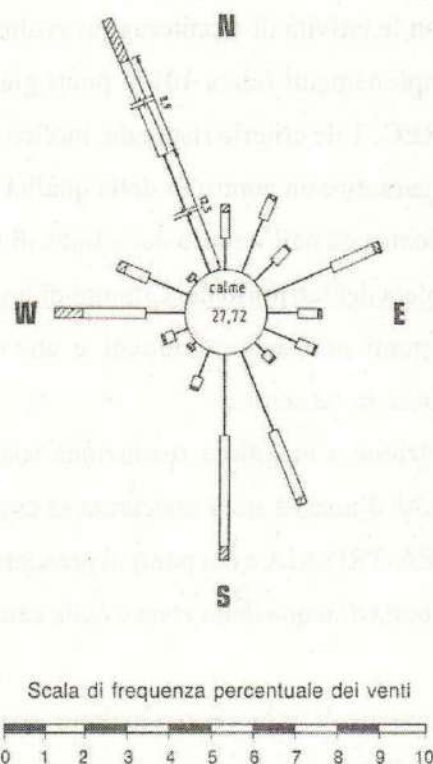


Figura 2 – Rosa dei venti prevalenti nella posizione del sito ITREC ENEA-TRISAIA ubicato nel comune di Rotondella.

In Tabella 1 sono riportati, per ciascun punto di campionamento, l'identificativo corrispondente, la matrice, i dati di latitudine e longitudine nonché ora e data del campionamento. Il codice identificativo (ID) unico è stato composto considerando le iniziali del Comune e della matrice campionata separata da un *underscore* e seguiti da un numero sequenziale. Le sigle *S*, *SF* e *SM* sono state utilizzate per identificare rispettivamente campioni di suolo, sedimenti fluviali e sedimenti marini (sabbie). In Figura 3 è mostrato il dislocamento dei punti di campionamento all'interno dei territori dei Comuni coinvolti.

Tabella 1 - Report dei campionamenti realizzati presso i Comuni di Policoro, Rotondella, Nova Siri, Tursi e Scanzano Jonico comprensivo della matrice campionata, dei dati di latitudine e longitudine del sito, e di data e ora del campionamento.

ID	COMUNE	MATRICE	LATITUDINE	LONGITUDINE	DATA E ORA
NS_SM1	NOVA SIRI	SM	40.1247239	16.6540178	27/05/2021 12:10
NS_S1	NOVA SIRI	S	40.1397104	16.6388932	25/05/2021 17:30
NS_S4	NOVA SIRI	S	40.1448082	16.6561623	25/05/2021 18:00
NS_S3	NOVA SIRI	S	40.1417111	16.6316794	25/05/2021 18:30
NS_S2	NOVA SIRI	S	40.1466579	16.6414004	26/05/2021 09:00
P_SM4	POLICORO	SM	40.2031573	16.7329003	27/05/2021 09:30
P_SM1	POLICORO	SM	40.1865442	16.7174605	27/05/2021 09:45
P_SM2	POLICORO	SM	40.1634795	16.6980376	27/05/2021 10:45
P_SM3	POLICORO	SM	40.1545012	16.6917917	27/05/2021 11:00
P_SF2	POLICORO	SM	40.1603039	16.6574983	25/05/2021 10:40
P_SF4	POLICORO	SF	40.1520611	16.6634012	25/05/2021 11:15
P_SF5	POLICORO	SF	40.1535872	16.6908922	25/05/2021 12:10
P_SF1	POLICORO	SF	40.1651977	16.6490011	25/05/2021 17:00
P_SF3	POLICORO	SF	40.1746145	16.6323828	26/05/2021 10:30
P_S2	POLICORO	S	40.1640524	16.6755245	25/05/2021 08:40
P_S3	POLICORO	S	40.1863961	16.670737	25/05/2021 09:15
P_S1	POLICORO	S	40.1659515	16.6611505	25/05/2021 09:35
P_S4	POLICORO	S	40.201871	16.6205465	26/05/2021 11:15
R_SM1	ROTONDELLA	SM	40.1461566	16.6837082	27/05/2021 11:00
R_SM2	ROTONDELLA	SM	40.1422232	16.6785389	27/05/2021 11:15
R_S1	ROTONDELLA	S	40.1485943	16.6732982	25/05/2021 12:45
R_S2	ROTONDELLA	S	40.1588597	16.6533704	25/05/2021 13:15
R_S3	ROTONDELLA	S	40.1616768	16.64019	25/05/2021 15:30
R_S4	ROTONDELLA	S	40.1677919	16.6345038	26/05/2021 09:30
SJ_SM1	SCANZANO JONICO	SM	40.2483832	16.7513106	27/05/2021 08:45
SJ_S2	SCANZANO JONICO	S	40.2525238	16.6585608	26/05/2021 16:15
SJ_S1	SCANZANO JONICO	S	40.2458989	16.6303074	26/05/2021 16:45
SJ_S3	SCANZANO JONICO	S	40.2541606	16.718081	26/05/2021 17:30
T_SF1	TURSI	SF	40.2224978	16.5627822	26/05/2021 13:15
T_S1	TURSI	S	40.209116	16.5932671	26/05/2021 11:45
T_S2	TURSI	S	40.2098808	16.605906	26/05/2021 11:55
T_S3	TURSI	S	40.2270124	16.5759763	26/05/2021 12:45

LINEA DI RICERCA A – STUDIO DELLA QUALITÀ DEI SUOLI AD USO AGRICOLO E DEI SEDIMENTI FLUVIALI E MARINI: MONITORAGGIO E RELATIVE VALUTAZIONI

Generalità

La linea di Ricerca A è relativa allo studio della qualità dei suoli ad uso agricolo (applicazione del DM 46/2019), dei sedimenti fluviali e degli arenili, tale attività è stata svolta mediante monitoraggi e connessa valutazione.

Di seguito sono riportate le procedure analitiche, i risultati e le elaborazioni dei dati prodotti.

I contaminanti indice selezionati e su cui sono state indirizzate le indagini analitiche nonché le valutazioni sono: Antimonio (Sb), Arsenico (As), Berillio (Be), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo totale (Cr), Cromo esavalente (CrVI), Mercurio (Hg), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Rame (Cu), Selenio (Se), Tallio (Tl), Vanadio (V) e Zinco (Zn). Policlorobifenili (PCB_{dl} e PCB_{tot}), Diossine e Furani.

Attività analitica

Le indagini analitiche sono state condotte su campioni di suolo agricolo, sedimento fluviale e marino (sabbie) per un totale di 31 campioni globali ottenuti come previsto dal piano di campionamento descritto in modo puntuale nella Relazione Intermedia di luglio 2021.

I 31 campioni globali, raccolti in idonei contenitori ed etichettati con codice identificativo univoco, sono stati portati in laboratorio e sottoposti ad indagine analitica mediante pretrattamento, trattamento e determinazione analitica con le procedure di seguito descritte.

Tutti i campioni sono stati estratti dal contenitore, ognuno distribuito all'interno di una vaschetta in alluminio o in plastica e asciugato in stufa a 45°C per almeno 3 giorni.

Il campione è stato, quindi, estratto dalla stufa e, dove necessario, è stato sottoposto a frantumazione manuale tramite mortaio di agata; successivamente è stato setacciato utilizzando un setaccio a maglia di luce netta pari a 2 mm.

Il trattamento e le determinazioni analitiche a cui sono stati sottoposti i campioni sono di seguito illustrate.

Per Antimonio (Sb), Arsenico (As), Berillio (Be), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo totale (Cr), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Rame (Cu), Selenio (Se), Tallio (Tl), Vanadio (V) e Zinco (Zn), sono state applicate le Norme UNI EN 16174 e UNI EN ISO 17294 del 2016.

Il Mercurio è stato determinato utilizzando il metodo 7471B del 2007 (Tecnica a vapori freddi). Tutti i campioni sono stati sottoposti ad una adeguata fase di dissoluzione prima dell'analisi.

La norma UNI EN 15192 è stata utilizzata per la determinazione del Cromo (VI) che prevede la digestione alcalina del campione e l'uso della cromatografia ionica con rivelatore spettrofotometrico.

Per l'analisi del contenuto di Diossine e Furani è stato adottato il Metodo EPA 1613 B, tale metodo

11

prevede, per il campione in studio, la preparazione, l'estrazione e la determinazione strumentale che viene condotta mediante gascromatografia di massa ad alta risoluzione accoppiata alla spettrometria di massa ad alta risoluzione. Le concentrazioni ottenute sono state riportate, e quindi espresse, in Tossicità Equivalente (TE) come previsto dalla norma.

L'analisi dei congeneri dei Policloro-bifenili (PCB) è stata condotta utilizzando la procedura prevista dal Metodo EPA 1668C. Il metodo definisce le procedure per la preparazione, l'estrazione e la determinazione strumentale dei campioni. La tecnica strumentale prevede l'applicazione della gascromatografia di massa ad alta risoluzione accoppiata alla spettrometria di massa ad alta risoluzione (HRGC/HRMS). Le concentrazioni rilevate dei 12 congeneri PCB diossina simile (PCB_{dl}) sono state riportate in Tossicità Equivalente (TE) sommandole poi alle Diossine/Furani come previsto dalla norma, mentre per i PCB totali i risultati sono stati restituiti in concentrazione.

Tutti i valori ottenuti dalle analisi eseguite per la determinazione dei microinquinanti organici ed inorganici sono stati espressi in mg/kg ss come previsto dalle normative di settore.

Risultati

I dati ottenuti per i suoli ad uso agricolo sono stati valutati rispetto ai valori di riferimento sulla qualità dei suoli ad uso agricolo ed agropastorale riportati nell'Allegato 2 del Decreto Ministeriale n. 46 del 1° Marzo 2019 - *"Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152."* emanato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero della Salute e del Ministero delle Politiche Agricole, Forestali e del Turismo. Le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) sono riportate nella Tabella 2.

Per quanto riguarda i risultati relativi alla qualità dei sedimenti fluviali e marini si è fatto riferimento ai valori riportati nelle tabelle 1/A, 2A e 3B del Decreto Legislativo n. 172/2015, che definiscono, per alcune sostanze, lo Standard di Qualità Ambientale (SQA) nei sedimenti dei corpi idrici marino costieri e di transizione (Tabella 3). Per il Nichel il valore di riferimento considerato è quello definito nel D.M. 260/2010. Di seguito si riportano in forma tabellare, le risultanze analitiche ottenute dalle indagini effettuate per ogni punto di campionamento e i valori di concentrazione Massimo, Minimo e il valore Medio nei suoli e nei sedimenti fluviali e marini riscontrati sui territori in studio. I risultati sono espressi in mg/kg ss con un numero di valori decimali pari a quelli previsti dalle normative di riferimento. La sommatoria di Diossine/Furani/PCB_{dl} è espressa in Tossicità Equivalente (TEQ)/mg/kg ss.

Tabella 2 – Valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione All.2 DM 46/19 per i suoli ad uso agricolo ed agropastorale.

Suoli																	
CSC	Microinquinanti Inorganici espressi in mg/kg ss															Microinquinanti organici espressi (mg/kg ss)	
	As	Sb	Be	Cd	Co	Cr tot	Ni	Pb	Cu	Se	Tl	V	Zn	Hg	Cr VI	Diossine/Furani/PCBdl	PCBtot
	30	10	7	5	30	150	120	100	200	3	1	90	300	1	2	6x10-6 /WHO-TEQ	0,02

Tabella 3 – Valori di Standard di Qualità Ambientale D. Lgs n. 172/2015 – * DM 173/2016 - **D.M. 260/2010.

Sedimenti Fluviali e Marini																	
SQA	Microinquinanti Inorganici espressi in mg/kg ss															Microinquinanti organici espressi (mg/kg ss)	
	As	Sb	Be	Cd	Co	Cr tot	Ni	Pb	Cu	Se	Tl	V	Zn	Hg	Cr VI	Diossine/Furani/PCBdl	PCBtot
	12	/	/	0,3	/	50**	30	30	40*	/	/	/	100*	0,3	2	2x10-3/T.E.	0,008

Tabella 4 – Risultanze analitiche delle indagini effettuate sui campioni di suolo.

SUOLI																	
Campioni	Microinquinanti Inorganici espressi in mg/kg ss															Microinquinanti organici (mg/kg ss)	
	As	Sb	Be	Cd	Co	Cr tot	Ni	Pb	Cu	Se	Tl	V	Zn	Hg	Cr VI	Diossine/Furani/PCBdl	PCBtot
P_S2	7	<0,1	2	<0,1	15	83	57	14	41	3	<0,1	55	100	0,04	<1	1,8x10-6	0,003
P_S3	7	<0,1	2	<0,1	19	70	63	17	42	3	<0,1	74	106	0,03	<1	1,1x10-6	0,002
P_S4	7	<0,1	2	<0,1	11	145	48	12	54	3	<0,1	46	92	0,02	<1	1,1x10-6	0,002
SJ_S1	6	<0,1	<0,1	<0,1	10	39	28	7	21	3	<0,1	40	62	0,03	<1	4,2x10-6	0,002
SJ_S2	1	<0,1	<0,1	<0,1	10	100	10	10	21	2	<0,1	40	50	0,05	<1	0,6x10-6	0,001
SJ_S3	11	<0,1	3	<0,1	16	81	53	15	40	3	<0,1	70	108	0,03	<1	4,3x10-6	0,002
R_S1	5	<0,1	<0,1	<0,1	12	75	67	9	38	2	<0,1	29	78	0,03	<1	3,3x10-6	0,002
R_S2	5	<0,1	<0,1	<0,1	11	77	56	11	34	2	<0,1	48	66	0,03	<1	5x10-6	0,003
R_S4	9	<0,1	2	<0,1	14	82	58	11	29	3	<0,1	52	89	0,02	<1	4,8x10-6	0,002
T_S1	10	<0,1	2	<0,1	9	70	44	9	31	3	<0,1	51	76	0,02	<1	1,1x10-6	0,001
T_S2	8	<0,1	<0,1	<0,1	12	142	56	10	10	3	<0,1	59	63	0,03	<1	1,3x10-6	0,002
T_S3	7	<0,1	2	<0,1	9	127	56	10	35	3	<0,1	40	72	0,02	<1	0,7x10-6	0,001
NS_S1	7	<0,1	2	<0,1	12	60	39	11	30	3	<0,1	58	85	0,03	<1	1,3x10-6	0,001
NS_S2	8	<0,1	1	<0,1	11	54	40	13	31	3	<0,1	48	75	0,03	<1	2,2x10-6	0,001
NS_S3	7	<0,1	1	<0,1	12	50	39	12	40	3	<0,1	56	90	0,03	<1	1,1x10-6	0,002
NS_S4	7	<0,1	1	<0,1	13	61	39	10	10	2	<0,1	69	83	0,03	<1	0,7x10-6	0,001
CSC	30	10	7	5	30	150	120	100	200	3	1	90	300	1	2	6x10-6 /WHO-TEQ	0,02

Tabella 5 – Indicatori statici principali per i risultati delle indagini effettuate sui campioni di suolo.

SUOLI																		
Microinquinanti Inorganici espressi in mg/kg ss																	Microinquinanti organici (mg/kg ss)	
	As	Sb	Be	Cd	Co	Cr tot	Ni	Pb	Cu	Se	Tl	V	Zn	Hg	Cr VI	Diossine/Furani/PCBdl	PCBtot	
Massimo	11	<0,1	3	<0,1	19	145	67	17	54	3	<0,1	70	8	0,05	<1	5x10-6	0,003	
Minimo	1	<0,1	<0,1	<0,1	9	39	10	7	10	2	<0,1	29	50	0,02	<1	0,6x10-6	0,001	
Media	7	<0,1	1,2	<0,1	12	83	47	11	32	3	<0,1	54	81	0,03	<1	2,2x10-6	0,002	
CSC	30	10	7	5	30	150	120	100	200	3	1	90	300	1	2	6x10-6 /WHO-TEQ	0,02	

Tabella 6 – Risultanze analitiche delle indagini effettuate sui campioni di sedimenti fluviali.

SEDIMENTI FLUVIALI																		
Campioni	Microinquinanti Inorganici espressi in mg/kg ss															Microinquinanti organici (mg/kg ss)		
	As	Sb	Be	Cd	Co	Cr tot	Ni	Pb	Cu	Se	Tl	V	Zn	Hg	Cr VI	Diossine/Furani/PCBdl	PCBtot	
P_SF1	5	<0,1	<0,1	<0,1	9	85	55	8	21	2	<0,1	40	57	0,175	<1	1,2x10-6	0,001	
P_SF2	5	<0,1	1,4	<0,1	13	50	42	13	31	3	<0,1	53	89	0,065	<1	0,7x10-6	0,002	
P_SF3	4	<0,1	<0,1	<0,1	9	113	65	7	18	2	<0,1	30	50	0,019	<1	1,8x10-6	0,0004	
P_SF4	4	<0,1	<0,1	<0,1	8	108	65	6	15	1	<0,1	33	50	0,059	<1	0,7x10-6	0,001	
P_SF5	4	<0,1	<0,1	<0,1	10	260	123	5	10	1	<0,1	24	50	0,015	<1	0,7x10-6	0,0003	
T_SF1	8	<0,1	1,7	<0,1	11	58	46	9	22	2	<0,1	58	100	0,037	<1	1,3x10-6	0,0007	
SQA	12	/	/	0,3	/	50**	30	30	40*	/	/	/	100*	0,3	2	2x10-3	0,008	

I risultati ottenuti dalle indagini analitiche, svolte sui campioni di suolo agricolo (Tabella 4 e Tabella 5) nei territori dei cinque Comuni in studio risultano, per tutti i campioni analizzati, inferiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione definiti dalla norma di riferimento (All.2 al DM 46/19). Inoltre, l'Antimonio (Sb), il Cadmio (Cd), il Cromo esavalente (CrVI) e il Tallio (Tl), sono tutti inferiori al rispettivo limite di rilevabilità analitica in tutti i campioni analizzati; tale limite è inferiore al valore limite di legge.

I risultati ottenuti dalle indagini analitiche svolte sui campioni di sedimenti marini e fluviali sono riportati nella Tabella 6, Tabella 7, Tabella 8 e Tabella 9. Le concentrazioni rilevate risultano basse e conformi agli SQA previsti dal Decreto Legislativo n. 172/2015. Il Cromo ed il Nichel sono più alti rispetto ai valori di riferimento ma probabilmente imputabili a valori di fondo naturale e dipendenti dalla granulometria, tra questi le concentrazioni dei sedimenti sabbiosi/argillosi sono più bassi rispetto ai sedimenti grossolani sabbiosi sia in quelli marini che in quelli fluviali. Anche in questo caso l'Antimonio (Sb), il Cadmio (Cd), il Cromo esavalente (CrVI), il Tallio (Tl), in più il Berillio (Be) nei sedimenti marini, sono inferiori al rispettivo limite di rilevabilità analitica in tutti i campioni analizzati. Pertanto, dall'elaborazione dei dati, non si evidenziano elementi di criticità.

In conclusione, si può affermare che, ad oggi, dallo studio condotto, allo scopo conoscitivo, sui suoli ad uso agricolo, sui sedimenti fluviali e marini, nei cinque Comuni interessati (Policoro, Scanzano Jonico, Rotondella, Nova Siri e Tursi), non emergono, dai risultati ottenuti, criticità ambientali. Tutti i valori risultano conformi alle normative di settore. Sui campioni di sedimenti fluviali e marini, i valori di Cromo e Nichel, presentano livelli di concentrazione maggiori rispetto agli standard di qualità ambientali che molto probabilmente sono da riferirsi a valori di fondo naturale.

Dalle risultanze ottenute e dalle valutazioni effettuate sulle sostanze chimiche studiate, non si evidenziano possibili rischi di esposizione della popolazione residente nelle aree selezionate.

LINEA DI RICERCA B – STUDIO, MONITORAGGIO E VALUTAZIONE DELLA RADIOATTIVITÀ NEI SUOLI AD USO AGRICOLO E NEI FANGHI, E VALUTAZIONE DEI RISCHI CONNESSI

Tecnica di misura della concentrazione di attività di radionuclidi nelle matrici di interesse

La tecnica utilizzata per le misure di concentrazione di attività è la spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatori al germanio iperpuro (HPGe). Tale tecnica consente la rivelazione e la quantificazione dei radionuclidi, sia artificiali che naturali, che decadono emettendo fotoni gamma. Poiché ogni radionuclide ha le sue energie caratteristiche di decadimento, la misura di un campione di suolo (o di ogni altra matrice) produce uno spettro di energia da cui è possibile determinare la presenza dei radionuclidi al suo interno analizzando i picchi caratteristici di emissione (Figura 4). Ad esempio, il ^{137}Cs decade emettendo fotoni gamma con energia pari a 661 keV, il ^{60}Co emette fotoni di energia pari a 1173 keV e 1332 keV.

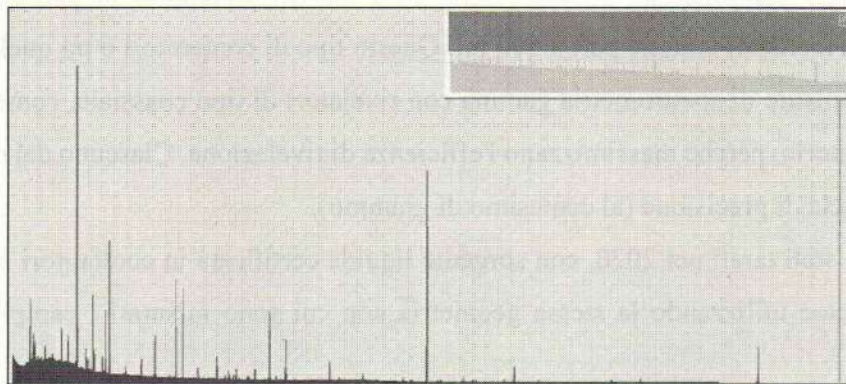


Figura 4 – Esempio di spettro di emissione gamma di un campione di suolo.

Per le misure effettuate nell'ambito dello studio, si sono utilizzati due rivelatori al germanio HPGe con geometria coassiale della ORTEC, con efficienza relativa (rispetto a rivelatori NaI) pari al 33% ed al 70%, entrambi con risoluzione inferiore a 2 keV per la riga a 1332 keV del ^{60}Co . Ad entrambi i rivelatori è associata la stessa elettronica di acquisizione dei segnali (ORTEC DSPEC 502).

Come si vede dalla Figura 6, i rivelatori sono alloggiati all'interno di una schermatura in piombo che minimizza il contributo della radiazione di fondo naturale e, per operare, necessitano di essere a basse temperature, per cui sono raffreddati con azoto liquido caricato periodicamente in appositi serbatoi (dewar).

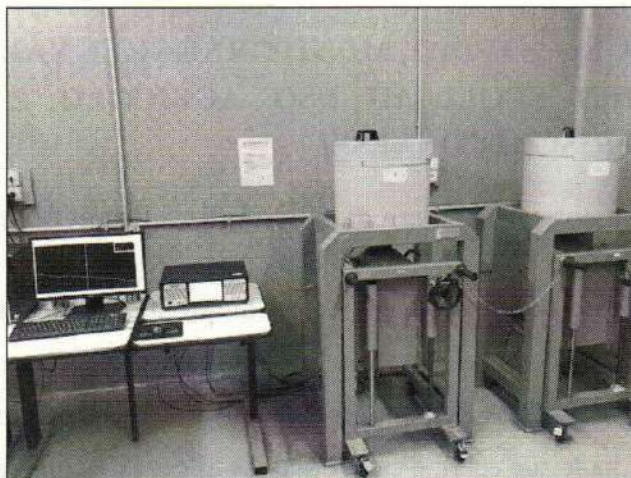


Figura 5 – Rivelatori al germanio iperpuro e relative catene di acquisizione dei segnali.

Protocollo di misura adottato

I campioni di suolo, sedimento fluviale e sabbia di mare sono stati pretrattati prima della misura. In particolare, sono stati setacciati, essiccati e, ove necessario, macinati al fine di omogeneizzarli.

Successivamente, i campioni da misurare sono stati inseriti all'interno di particolari contenitori (denominati *Marinelli*) di volume pari a 500 ml. Questo tipo di contenitori è tra quelli generalmente utilizzati per le misure di spettrometria gamma con rivelatori di tipo coassiale, come quelli presenti nel nostro laboratorio, perché massimizzano l'efficienza di rivelazione. Ciascuno dei campioni è stato pesato con bilancia di precisione (al centesimo di grammo).

I rivelatori sono stati tarati nel 2020, con sorgente liquida certificata in contenitori *Marinelli* di 500 ml di volume, cioè utilizzando la stessa geometria con cui sono misurati i campioni oggetto del presente studio.

Per ciascun campione, è stata scelta una durata della misura di almeno 4 giorni, al fine di ottenere una minima attività rivelabile (MDA) inferiore a 0.1 Bq/kg.

Il software utilizzato per l'analisi dati è *GammaVision 8.10.02* della ORTEC.

In generale, tutte le procedure sperimentali e di analisi adottate sono conformi a quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 20042:2021 (UNI 2021).

Risultati di misura

Considerati gli obiettivi dello studio, nell'analisi degli spettri di misura si è cercata la presenza di radionuclidi di origine artificiale, la cui presenza possa essere attribuita ad eventuali rilasci dall'impianto ITREC. Poiché nei campioni è stato individuato solo il ^{137}Cs , di seguito sono riportati i risultati relativi alla presenza di questo radionuclide per ciascuna delle matrici analizzate.

Inoltre, i risultati del presente studio sono stati confrontati con i valori medi (e massimi) relativi alle concentrazioni di ^{137}Cs misurate nell'ultimo decennio (2011–2020) nella Regione Basilicata da ARPAB nell'ambito delle attività di monitoraggio della rete regionale (ARPAB 2021).

Concentrazione di ^{137}Cs in sabbia di mare

In totale, sono stati analizzati 8 campioni di sabbia di mare, i cui risultati sono riportati in Tabella 11 e graficamente in Figura 7.

Tabella 10 – Risultati delle misure di ^{137}Cs in campioni di sabbia di mare.

Comune	Id campione	Concentrazione di attività (Bq kg ⁻¹)	Incertezza (Bq kg ⁻¹)	MDA (Bq kg ⁻¹)
Nova Siri	NS_SM1	0.12	0.01	0.03
Policoro	P_SM1	0.16	0.02	0.04
Policoro	P_SM2	0.10	0.01	0.03
Policoro	P_SM3	0.07	0.01	0.03
Rotondella	R_SM1	< 0.04		
Rotondella	R_SM2	0.06	0.01	0.03
Scanzano Jonico	SJ_SM1	0.18	0.01	0.03
Scanzano Jonico	SJ_SM2	0.20	0.02	0.04

MDA: Minima concentrazione di attività rivelabile.

Il valore di concentrazione medio di ^{137}Cs nei campioni oggetto di indagine è risultato pari a 0.11 Bq/kg, molto simile al valore medio regionale nell'anno 2020 riportato da ARPAB.

Come si vede dalla Figura 7, il range di valori trovati (<0.04 – 0.20 Bq/kg) è ampiamente al di sotto dei valori massimi trovati in ambito regionale e nazionale.

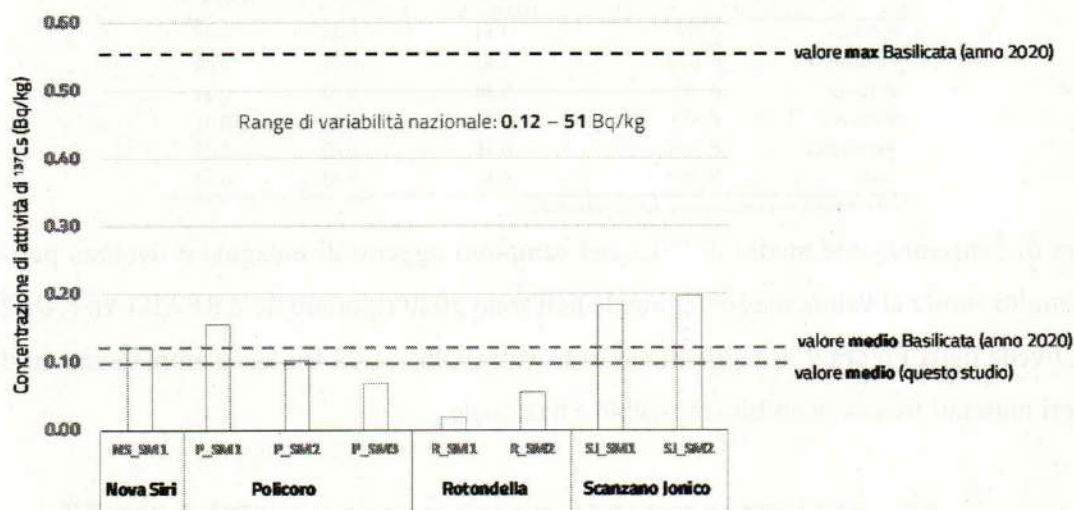


Figura 6 – Concentrazioni di attività di ^{137}Cs nei campioni di sabbia di mare prelevanti nei Comuni di Nova Siri, Policoro, Rotondella e Scanzano Jonico e confronto i valori di riferimento regionali e nazionali.

Dalla Figura 8 si può vedere come i valori di concentrazione risultino bassi (generalmente inferiori ad 1 Bq/kg) anche nell'arco dell'ultimo decennio (2011–2021), ed ampiamente all'interno del range di variabilità nazionale (0.12–51 Bq/kg), riportato dall'ISIN (ISIN 2021).

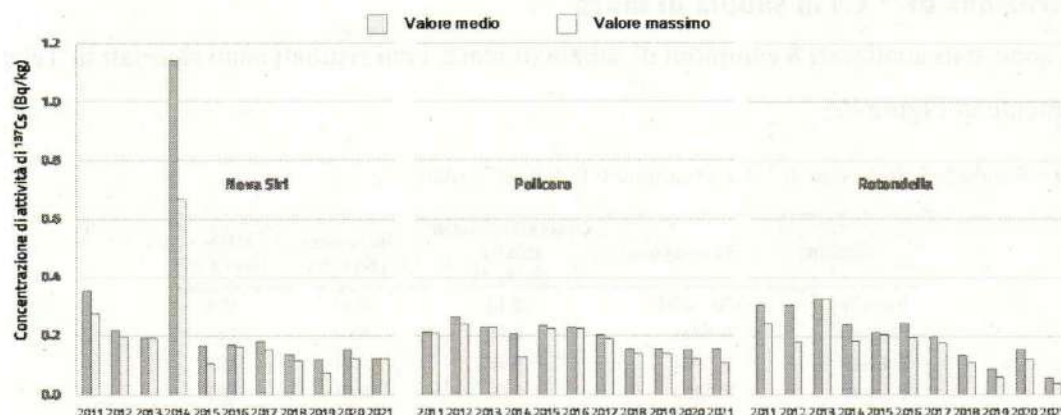


Figura 7 – Andamento temporale della concentrazione (media e massima) di attività di ^{137}Cs in sabbia di mare dei Comuni di Nova Siri, Policoro e Rotondella.

Concentrazione di ^{137}Cs in sedimento fluviale

In totale, sono stati analizzati 6 sedimenti fluviali, i cui risultati sono riportati in Tabella 12 e graficamente in Figura 9.

Tabella 11 – Risultati delle misure di ^{137}Cs in campioni di sedimento fluviale.

Comune	Id campione	Concentrazione di attività (Bq kg ⁻¹)	Incertezza (Bq kg ⁻¹)	MDA (Bq kg ⁻¹)
Policoro	P_SF1	0.34	0.03	0.05
Policoro	P_SF2	1.03	0.06	0.06
Policoro	P_SF3	0.30	0.02	0.04
Policoro	P_SF5	0.06	0.01	0.04
Rotondella	R_SF1	0.31	0.02	0.05
Tursi	T_SF1	0.33	0.03	0.07

MDA: Minima concentrazione di attività rivelabile.

Il valore di concentrazione medio di ^{137}Cs nei campioni oggetto di indagine è risultato pari a 0.39 Bq/kg, molto simile al valore medio regionale nell'anno 2020 riportato da ARPAB (ARPAB 2021). Come si vede dalla Figura 9, il range di valori trovati (0.06 – 1.03 Bq/kg) è ampiamente al di sotto dei valori massimi trovati in ambito regionale e nazionale.

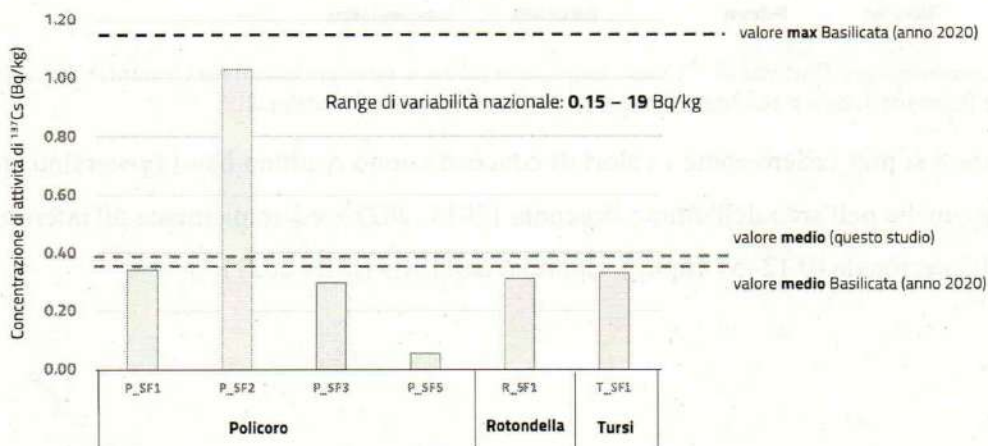


Figura 8 – Concentrazioni di attività di ^{137}Cs nei campioni di sedimento fluviale prelevanti nei Comuni di Policoro, Rotondella e Tursi e confronto i valori di riferimento regionali e nazionali.

Dalla Figura 10 si può vedere come i valori di concentrazione risultino bassi (generalmente inferiori ad 10 Bq/kg) anche nell'arco dell'ultimo decennio (2011–2021), e ampiamente al di sotto dei valori massimi trovati in ambito regionale e nazionale (ISIN 2021).

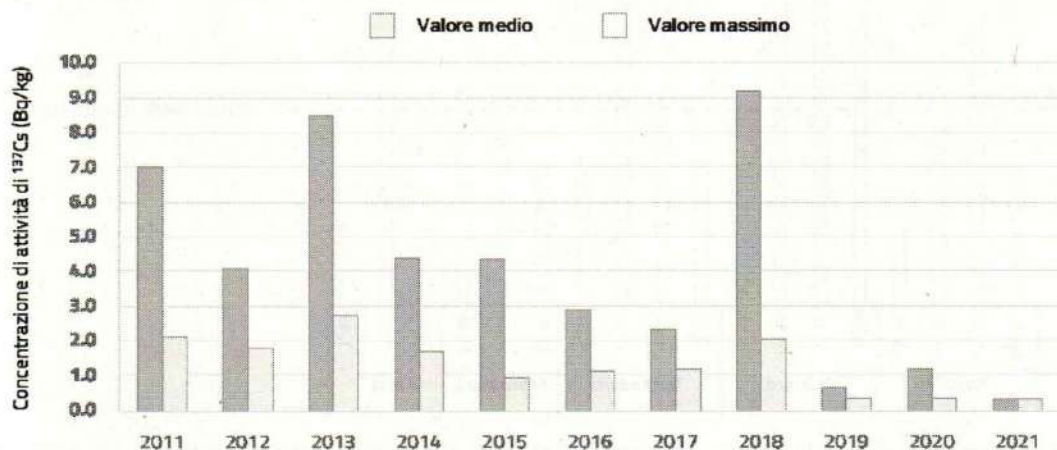


Figura 9 – Andamento temporale della concentrazione (media e massima) di attività di ^{137}Cs in sedimento fluviale dei Comuni di Nova Siri, Policoro e Rotondella.

Concentrazione di ^{137}Cs in suolo di pascolo

In totale, sono stati analizzati 18 campioni di suolo di pascolo, i cui risultati sono riportati in Tabella 13 e graficamente in Figura 11.

Tabella 12 – Risultati delle misure di ^{137}Cs in campioni di suolo di pascolo.

Comune	Id campione	Concentrazione di attività (Bq kg ⁻¹)	Incertezza (Bq kg ⁻¹)	MDA (Bq kg ⁻¹)
Nova Siri	NS_S1	1.50	0.08	0.07
Nova Siri	NS_S2	3.16	0.17	0.08
Nova Siri	NS_S3	1.92	0.11	0.08
Nova Siri	NS_S4	0.79	0.05	0.08
Policoro	P_S1	3.08	0.16	0.07
Policoro	P_S2	3.67	0.20	0.07
Policoro	P_S3	3.59	0.19	0.08
Policoro	P_S4	1.07	0.06	0.09
Rotondella	R_S1	1.58	0.09	0.08
Rotondella	R_S2	1.91	0.10	0.05
Rotondella	R_S3	3.51	0.19	0.09
Rotondella	R_S4	1.31	0.07	0.07
Scanzano Jonico	SJ_S1	1.46	0.08	0.07
Scanzano Jonico	SJ_S2	2.52	0.14	0.08
Scanzano Jonico	SJ_S3	2.33	0.13	0.08
Tursi	T_S1	0.79	0.05	0.08
Tursi	T_S2	2.80	0.15	0.09
Tursi	T_S3	0.85	0.05	0.09

MDA: Minima concentrazione di attività rivelabile

Il valore di concentrazione medio di ^{137}Cs nei campioni oggetto di indagine è risultato pari a 2.10 Bq/kg, inferiore di circa la metà rispetto al valore medio regionale nell'anno 2020 riportato da ARPAB (0.36 Bq/kg).

Come si vede dalla Figura 11, il range di valori trovati (0.8 – 3.7 Bq/kg) è ampiamente al di sotto dei valori massimi trovati in ambito regionale e nazionale.

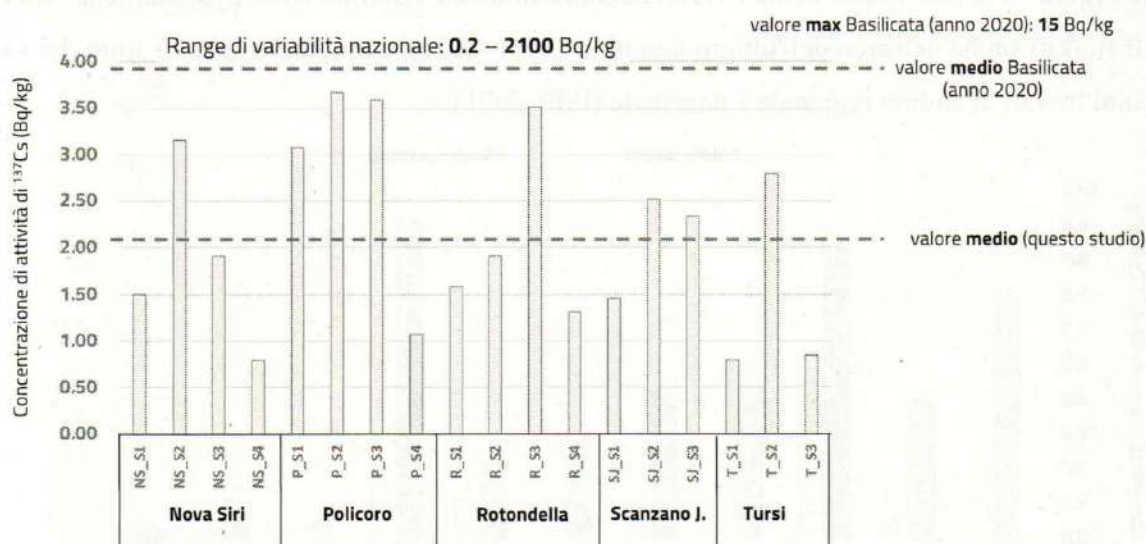


Figura 10 – Concentrazioni di attività di ^{137}Cs nei campioni di suolo di pascolo prelevanti nei Comuni di Nuova Siri, Policoro, Rotondella, Scanzano Jonico e Tursi e confronto i valori di riferimento regionali e nazionali.

Dalla Figura 11 si può vedere come i valori di concentrazione risultino bassi (generalmente inferiori ad 10 Bq/kg) anche nell'arco dell'ultimo decennio (2011–2021), ed ampiamente all'interno del range di variabilità nazionale (0.2–2000 Bq/kg), riportato dall'ISIN (ISIN 2021).

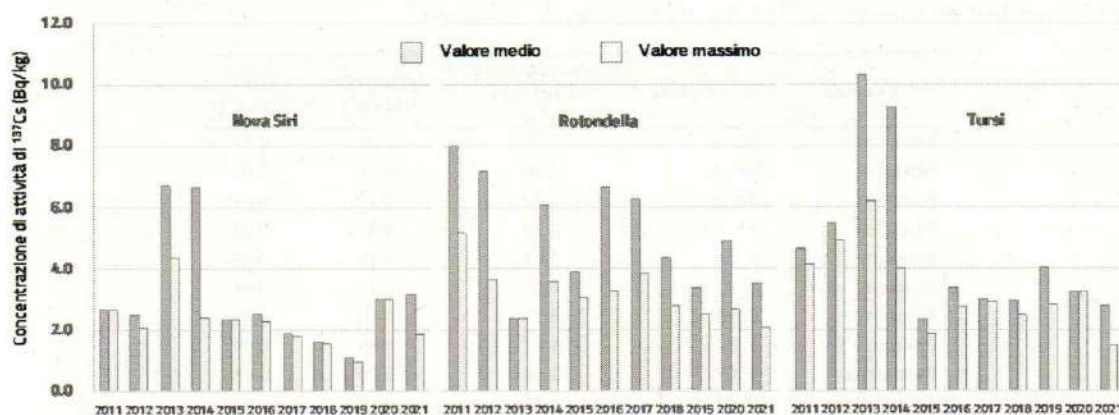


Figura 11 – Andamento temporale della concentrazione (media e massima) di attività di ^{137}Cs in suolo di pascolo dei Comuni di Nova Siri, Rotondella e Tursi.

Conclusioni

Le misure di spettrometria gamma condotte nell'ambito di questa indagine hanno evidenziato la presenza di ^{137}Cs , come unico radionuclide gamma emettitore di origine artificiale presente nei campioni analizzati. I valori di ^{137}Cs misurati per tutte le matrici analizzate (sabbia di mare, sedimento fluviale e suolo agricolo) sono ben al di sotto dei valori massimi trovati in Italia dalle ARPA regionali nell'ambito della rete di monitoraggio per il controllo della radioattività ambientale, e molto inferiori

a livelli identificati nella normativa vigente di radioprotezione, D.Lgs. 101/2020, come tali da determinare una dose efficace all'individuo di riferimento della popolazione pari a 10 μSv in anno, pari a un centesimo del limite di dose efficace previsto dall'art. 146, comma 7, lettera a, del medesimo decreto per lo stesso membro della popolazione, i.e. 1 mSv in un anno.

Pertanto, i risultati dello studio non hanno evidenziato anomalie radiometriche di rilevanza radiologica nei territori interessati dall'indagine. Concludendo:

- le concentrazioni di attività molto basse trovate di ^{137}Cs ,
- il fatto che tale presenza si riscontri non solo nei Comuni oggetto di indagine in quanto prossimi al sito oggetto di studio ma in tutta la regione Basilicata,
- l'identificazione in concentrazioni maggiori alla minima attività rivelabile del solo ^{137}Cs come radionuclide gamma emettitore di origine artificiale

fanno escludere la presenza di contaminanti potenzialmente riconducibili alle attività dell'impianto in concentrazioni tali da essere rivelate. Le concentrazioni di ^{137}Cs rivelate appaiono, pertanto, in gran parte attribuibili ai rilasci in atmosfera dovuti ai test atomici del secolo scorso ed all'incidente alla centrale di Chernobyl avvenuto nel 1986.

LINEA DI RICERCA C - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE INTERNE, DESTINATE AL CONSUMO UMANO ED IRRIGUO

Per quanto riguarda la valutazione della qualità delle acque destinate al consumo umano e ad uso irriguo, le attività iniziali del progetto condotte dalla linea di ricerca C, sono state focalizzate sull'acquisizione di informazioni documentali e dati analitici sulla qualità delle acque distribuite in alcuni Comuni oggetto di studio riferiti al periodo 2016-2018 resi disponibili dalle autorità locali e dal gestore idrico Acquedotto Lucano e trasmessi a codesto Istituto dal sindaco del Comune di Policoro.

Per la valutazione di eventuali profili di rischio riconducibili all'uso di acque sotterranee nell'area dell'impianto e nelle aree limitrofe, è stata condotta un'analisi statistica delle risultanze analitiche fornite da ARPA Basilicata ed ENEA relative al triennio 2019-2021.

Introduzione ed attività preliminari

Nell'ambito delle attività di progetto, per quanto concerne la valutazione di eventuali profili di rischio riconducibili all'uso di acque sotterranee nell'area dell'impianto e nelle aree limitrofe, è stata condotta un'analisi statistica delle risultanze analitiche fornite da ARPA Basilicata ed ENEA relative al triennio 2019-2021. Nello specifico, sono stati forniti 187 Rapporti di Prova relativi a campioni prelevati da ENEA e 80 Rapporti di Prova relativi a campioni prelevati da ARPAB (tutti in formato pdf).

L'estrazione dei dati ha comportato la generazione di un database di 208 record, al netto di una quota di dati che non è stato possibile estrarre dai file a causa di criticità di natura tecnico/informatica. È stata inoltre fornita la planimetria con le posizioni ed i nomi dei piezometri considerati nell'ambito delle attività analitiche del triennio 2019-2021.

Come operazione preliminare sono stati individuati i parametri sottoposti ad analisi chimica ed è stato determinato un totale di 107 parametri. Su tali dati è stata quindi condotta una prima analisi esplorativa al fine di identificare i parametri prioritari sulla base delle Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC), D.Lgs.152/06), che ha riportato i seguenti risultati:

- 16 parametri per cui almeno una volta nel triennio 2016-2021 è stata superata la relativa CSC in termini di valore massimo;
- 34 parametri per cui sono stati registrati valori >LOQ ma per i quali non è mai stata superata la relativa CSC in termini di valore massimo;
- 14 parametri per cui non è disponibile alcuna CSC; trattandosi per la maggior parte di parametri chimico-fisici;
- 43 parametri risultati sempre <LOQ.

Elaborazione dei dati

Come prima elaborazione, è stata valutata la frequenza di superamento delle CSC su base aggregata, relativa all'intera area nel triennio 2019-2021, per un primo screening a livello di area diffusa.

Al fine di valutare la facies chimica delle acque sotterranee all'interno e nelle aree prossime all'impianto, sono state identificate – sulla base della cartografia fornita – tre aree d'interesse, per le quali si è proceduto ad elaborare i dati.

Nello specifico, si tratta delle aree seguenti:

- la condotta a mare, di cui si riportano i valori di concentrazione rinvenuti nei piezometri di riferimento nel triennio 2019-2021;
- l'area del perimetro sud, di cui si riportano i valori di concentrazione rinvenuti nei piezometri di riferimento nel triennio 2019-2021 nelle aree interne ed esterne all'impianto ITREC;
- l'area del perimetro sud/ovest, di cui si riportano i valori di concentrazione rinvenuti nei piezometri di riferimento nel triennio 2019-2021 nelle aree interne ed esterne all'impianto ITREC.

Come ultima attività di elaborazione dati, è stata condotta un'analisi di correlazione multipla relativamente alla presenza di determinate specie chimiche potenzialmente imputabili all'effetto di intrusione salina nelle acque sotterranee.

I risultati di quest'analisi preliminare indicano come gli elementi boro, manganese e solfati possano ragionevolmente ricondursi a fenomeni di intrusione salina, a differenza degli elementi ferro, alluminio ed arsenico, per cui è preferibile indagare sullo stato dei piezometri e sul contesto geologico del territorio.

Conclusioni

Sulla base di quanto osservato in fase di elaborazione dei dati, si riportano le seguenti conclusioni generali:

- I dati di monitoraggio sito-specifico risultano generalmente adeguati sulla base di parametri, rappresentatività dei campionamenti e qualità del dato.
- All'interno del perimetro dell'impianto sono stati riscontrati:
 - o contaminanti di natura antropica, in particolare tricloroetilene e triclorometano, i.e. contaminanti in traccia pressoché ubiquitari nelle acque sotterranee nazionali;
 - o sforamenti non sistemici nel tempo e nello spazio non correlabili con una tendenza e un *plume* di contaminazione.
- All'esterno del perimetro dell'impianto:
 - o non si osservano particolari criticità per parametri di accertata origine antropica;

- alcuni parametri quali ferro, solfati e manganese, anche di plausibile origine ambientale, presentano concentrazioni non trascurabili, e non certamente associabili, allo stato attuale della conoscenza, ad uno scenario di rischio in considerazione delle caratteristiche di pericolosità, quantità riscontrate, frequenze di rinvenimento e sorgenti di esposizione umana.

LINEA DI RICERCA D – VALUTAZIONE DEL PROFILO TOSSICOLOGICO DEGLI INQUINANTI E STIME DEL RISCHIO PER LA SALUTE UMANA

Generalità

Le attività previste a livello tossicologico per questo studio comprendono la caratterizzazione del profilo tossicologico degli inquinanti di maggiore rilevanza individuati nelle attività di monitoraggio ambientale, attraverso il reperimento di informazioni nelle basi di dati istituzionali (ECHA, EPA, WHO, ecc) e nella letteratura scientifica. Nonché, qualora dagli esiti della caratterizzazione delle matrici ambientali selezionate (suoli ad uso agricolo, sedimenti fluviali e marini), fossero emersi valori di concentrazione superiori ai limiti previsti dalle normative di settore e/o comunque valori tali da far supporre un possibile impatto sulla salute umana, sarebbe stata effettuata la stima quali/quantitativa sui possibili esiti sanitari dell'esposizione della popolazione agli inquinanti in studio attraverso le metodiche del *risk assessment*.

La valutazione del rischio è un processo sistematico che richiede l'identificazione, la compilazione e l'integrazione delle informazioni sui rischi di una sostanza chimica, l'esposizione umana alla sostanza chimica e le relazioni tra l'esposizione, la dose e gli effetti avversi.

WHO definisce come i risultati della valutazione del rischio dovrebbero aiutare a fornire risposte ad una serie di questioni come, ad esempio, quali sono le reali vie di esposizione, quali sono gli inquinanti che possono generare un rischio per la popolazione e quale è l'ampiezza della popolazione esposta.

Inoltre, la valutazione di rischio potrebbe essere utile per individuare le fonti di contaminazione maggiormente responsabili dell'inquinamento e le matrici ambientali compromesse su cui andrebbero concentrate le misure di intervento.

La metodologia di "*risk assessment*" si basa su quattro fasi interconnesse tra loro che hanno l'obiettivo finale di caratterizzare il rischio e di fornire, a coloro che sono deputati a gestirlo, elementi per poter applicare idonee misure d'intervento e programmare future azioni di monitoraggio. La procedura di *risk assessment* si sviluppa su quattro fasi:

- i. identificazione del pericolo;
- ii. caratterizzazione del pericolo (valutazione dose-risposta);
- iii. valutazione dell'esposizione;
- iv. caratterizzazione del rischio.

La fase di identificazione del pericolo ha l'obiettivo di individuare le caratteristiche delle sostanze presenti nell'area in esame; è generalmente il primo passo per una valutazione del rischio ed è il processo utilizzato per identificare il rischio chimico specifico di una sostanza e per determinare se l'esposizione a questa sostanza può danneggiare la salute umana. L'identificazione dei pericoli

consiste, quindi, nello stabilire l'identità della sostanza chimica di interesse e determinare se tale sostanza è stata considerata pericolosa dalle organizzazioni internazionali e, in caso affermativo, di quale grado.

La conoscenza delle specifiche caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze permette un'immediata intuizione della pericolosità ambientale/sanitaria, in particolar modo la combinazione di alcune caratteristiche quali:

- ✓ la facilità di diffusione attraverso i corpi idrici,
- ✓ la persistenza e diffusione nei comparti ambientali,
- ✓ la tendenza al bioaccumulo nell'organismo degli animali, inclusi i mammiferi, e la capacità a biomagnificare tipica di molte sostanze organiche.

Le sostanze nell'ambiente, sia di origine naturale (già presenti nell'ambiente), che di origine antropica, possono muoversi tra i vari comparti (aria, acqua, suolo, sedimenti), in funzione delle trasformazioni che le sostanze stesse possono subire (processi di idrolisi, biodegradazione, ossidazione) soprattutto in funzione delle loro caratteristiche chimico-fisiche, che ne determinano l'eventuale accumulo prioritario in un dato comparto ambientale.

La fase denominata valutazione dose-risposta permette, per ciascuna sostanza, sulla base di un vasto "corpus" di conoscenze, di individuare i valori di riferimento intesi come dosi tollerabili giornaliere (*tolerable daily intake*-TDI o *reference doses*-RfD), che rappresentano la quantità massima di una sostanza chimica che può essere, teoricamente, assunta giornalmente dall'organismo umano, per un intero arco di vita, senza che verosimilmente si presentino effetti avversi.

La terza fase della valutazione del rischio è quella fondamentale, identificata con la valutazione dell'esposizione che, attraverso l'elaborazione di un modello concettuale, valuta tutte le potenziali fonti di inquinamento presenti nel sito, le vie di trasporto e il destino ambientale degli inquinanti, identificando le vie di esposizione principali (ingestione, inalazione, contatto dermico) per la specifica popolazione residente sul territorio.

La fase finale è quella di caratterizzazione del rischio che ha il ruolo di integrare, secondo il modello concettuale sviluppato, le fasi precedenti riferendole alla popolazione realmente esposta per identificare le azioni più efficaci ai fini della sua gestione. Nello specifico, questa fase potrà individuare il rischio di possibili effetti sanitari acuti e/o cronici avversi, potenzialmente associati alle esposizioni identificate fornendo raccomandazioni per la programmazione (gestione del rischio) di piani di monitoraggio e controlli futuri, definendone priorità e periodicità, al fine di ottimizzare le procedure di gestione del rischio, consentendo ai decisori l'eventuale opportunità di misure cautelative. In questa fase si potrà indicare in maniera chiara quali sono gli inquinanti indice prioritari,

cioè gli inquinanti chimici che potrebbero dare un rischio (a breve e/o a lungo termine) per la popolazione attraverso determinate vie di esposizione e determinate matrici.

Nel caso in studio i contaminanti monitorati sono molteplici e sono: metalli pesanti (Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo esavalente, Nichel, Mercurio, Piombo, Rame, Selenio, Tallio, Vanadio e Zinco) seguiti da altre sostanze organiche quali PCB_{tot} (totali), PCB_{dl} (dossina simili), Diossine/Furani, Tricloroetilene e Tetracloroetilene.

Per tutti i contaminanti esaminati, le informazioni sono state derivate principalmente dalla consultazione di 58 fonti internazionali dei quali di seguito si riportano i link.

1. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=58>
2. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/antimony-compounds.pdf>
3. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=6
4. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (Antimonio)
5. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=3>
6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/n/livertox/Arsenic/>
7. https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-04/documents/arsenic_april_2021.pdf
8. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=278
9. <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> (Arsenico)
10. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=33>
11. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/512>
12. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/beryllium-compounds.pdf>
13. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=12
14. <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> (Berillio)
15. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=15>
16. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/cadmium-compounds.pdf>
17. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=141
18. <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> (Cadmio)
19. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=64>
20. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/519>
21. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/cobalt-compounds.pdf>
22. <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> (Cobalto)
23. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=17>
24. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/chromium-compounds.pdf>

25. <https://www.drugbank.ca/drugs/DB11136>
26. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=28
27. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=144
28. <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> (Cromo)
29. <https://publications.iarc.fr/120>
30. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=44>
31. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/nickle-compounds.pdf>
32. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/1096>
33. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/1096>
34. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=271
35. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (Nichel)
36. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=22>
37. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/231>
38. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=277
39. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (Piombo)
40. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=37>
41. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/n/livertox/Copper/>
42. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/1622>
43. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (Rame)
44. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=28>
45. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/selenium-compounds.pdf>
46. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/4493>
47. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=472
48. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (Selenio)
49. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=49>
50. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=309&tid=49>
51. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=50>
52. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=54>
53. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/n/livertox/Zinc/>
54. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=426
55. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=30>
56. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/trichloroethylene.pdf>
57. <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> (Tricloroetilene)
58. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=199

In questo studio non è stato necessario applicare la procedura di *risk assessment*, sopra sinteticamente descritta, poiché dalle indagini di caratterizzazione effettuate sulle matrici ambientali (suoli ad uso agricolo, sedimenti fluviali e marini) non sono emerse, ad oggi, criticità ambientali tali da condurre una valutazione dell'esposizione della popolazione e la stima del rischio nei territori dei cinque Comuni oggetto di indagini.

LINEA DI RICERCA E - SORVEGLIANZA EPIDEMIOLOGICA

Per rispondere al quesito sull'aggiornamento del profilo di salute dell'area di Policoro, è stato seguito il metodo sviluppato da questo Istituto, nell'ambito del Progetto SENTIERI, per la sorveglianza epidemiologica delle popolazioni residenti nei Siti contaminati di Interesse per le bonifiche. È uno studio di Epidemiologia descrittiva che si limita a quantificare la frequenza di malattia per tutte quelle condizioni che portano al decesso. Sono informazioni di base che hanno lo scopo di fornire una prima quantificazione del bisogno di salute a livello della popolazione generale. Approfondimenti su sottogruppi della popolazione a rischio per caratteristiche personali, condizioni socioeconomiche, stili di vita ed esposizioni lavorative sono eventualmente da considerare alla luce di quanto emerge dal quadro generale. La valutazione dei rischi di malattia legati ad eventuali esposizioni ambientali va letta alla luce della presenza degli inquinanti ambientali emersi dallo studio. Sono stati dunque analizzati i dati sanitari correnti disponibili presso ISS (mortalità ed ospedalizzazione) a livello comunale, mediante il calcolo degli appropriati indici statistici. Come nel Progetto SENTIERI, sono state considerate le patologie che riconoscono tra i possibili fattori di rischio l'esposizione a contaminanti potenzialmente emessi dalle attività industriali presenti nell'area (Zona, Iavarone et al. 2019). Per poter descrivere lo stato di salute delle popolazioni residenti nei Comuni di interesse, sono state analizzate anche le grandi cause di morte e di ospedalizzazione e verrà fornita una descrizione dei principali indicatori demografici.

Si riporta, di seguito, una descrizione più approfondita dei database citati e degli indicatori che sono stati calcolati.

Mortalità

Fonte dei Dati

La Base di Dati della Mortalità per Causa in Italia, elaborata dal Servizio Tecnico Scientifico di Statistica dell'Istituto Superiore di Sanità, a partire dai dati ufficiali ISTAT sulla mortalità per causa e sulla popolazione a livello comunale. L'analisi riguarda il quinquennio 2014-2018.

Indicatori calcolati

Sono stati calcolati, per genere, il numero assoluto di decessi e l'SMR (Standardized Mortality Ratio, rapporto standardizzato di mortalità) riferito alla mortalità regionale. L'indice SMR compara il numero di decessi osservati nella popolazione in esame con il numero di decessi attesi in essa, se questa avesse sperimentato i livelli di mortalità della popolazione di riferimento (in questo caso, la popolazione residente nella Regione Basilicata senza i cinque Comuni dello studio e senza i Comuni appartenenti ai SIN presenti nella Regione, ovvero il SIN di Tito e il SIN Val Basento)). L'aggettivo standardizzato si riferisce al fatto che si tiene conto delle distribuzioni per età nella popolazione in

studio ed in quella di riferimento, in modo che esse non influenzino i risultati. La stima puntuale dell'indicatore (SMR) viene corredata da un intervallo di valori (detto Intervallo di Confidenza, in sigla IC); valori dell'IC al 90% di probabilità indicano che vi è una probabilità del 90% che l'intervallo stimato includa la vera caratteristica della popolazione; in altre parole, l'IC riassume l'incertezza statistica sulla stima del rischio di mortalità; più ampio è l'intervallo maggiore l'incertezza sul valore del rischio di mortalità stimato. L'IC viene calcolato avvalendosi della formula di *Poisson* per un numero di decessi osservati inferiore a 100 e dell'approssimazione di *Byar* per un numero di decessi osservati uguale o superiore a 100. L'intervallo di confidenza riassume l'incertezza statistica sulla stima del rischio di mortalità. Più ampio è l'intervallo maggiore l'incertezza sul valore del rischio di mortalità stimato.

Ospedalizzazione

Fonte dei Dati

Il database nazionale delle Schede di Dimissione Ospedaliera è elaborato dal Servizio Tecnico Scientifico di Statistica dell'Istituto Superiore di Sanità a partire dai dati (SDO) rilasciati dal Ministero della Salute e dai dati demografici rilasciati dall'ISTAT. L'analisi riguarderà il quinquennio 2015-2019. L'analisi riguarderà le persone ricoverate (non i ricoveri) in regime ordinario e day-hospital; non saranno considerati i ricoveri per Riabilitazione e Lungodegenza; sarà presa in considerazione la sola diagnosi principale (escludendo le altre cinque diagnosi secondarie) ed il primo ricovero osservato durante il periodo in esame.

Indicatori calcolati

Sono stati calcolati, per genere, il numero assoluto di persone ricoverate e l'SHR (Standardized Hospitalization Ratio, rapporto standardizzato di ospedalizzazione) riferito alla ospedalizzazione regionale.

L'SHR compara il numero di persone ricoverate che si osservano nella popolazione in esame con il numero di persone ricoverate da attendersi in essa, se questa avesse sperimentato i livelli di ospedalizzazione della popolazione di (in questo caso, la popolazione residente nella Regione Basilicata senza i cinque Comuni dello studio e senza i Comuni appartenenti ai SIN presenti nella Regione, ovvero il SIN di Tito e il SIN Val Basento). L'aggettivo standardizzato si riferisce al fatto che si tiene conto delle distribuzioni per età nella popolazione in studio ed in quella di riferimento, in modo che esse non influenzino i risultati. Anche la stima puntuale dell'SHR è corredata da un intervallo di confidenza al 90%, il quale viene calcolato con la stessa metodologia sopra esposta per l'indice SMR.

Regole della Privacy

In ottemperanza con il Regolamento generale per la protezione dei dati personali n. 2016/679 (General Data Protection Regulation o GDPR), nelle tabelle non vengono riportati valori al di sotto dei 3 casi. Infatti, secondo il Codice di deontologia e di buona condotta per i trattamenti di dati personali per scopi statistici e scientifici (Art. 5. Criteri per la valutazione del rischio di identificazione), “si considerano dati aggregati le combinazioni di modalità alle quali è associata una frequenza non inferiore a una soglia prestabilita, ovvero un’intensità data dalla sintesi dei valori assunti da un numero di unità statistiche pari alla suddetta soglia. Il valore minimo attribuibile alla soglia è pari a tre”.

Commento ai Risultati

Rimandando ai grafici ed alle tabelle per il dettaglio dei risultati sulle singole patologie e relativi esiti, si riportano di seguito i principali risultati emersi dalle analisi condotte per la mortalità e per l’ospedalizzazione.

La mortalità generale nell’area complessiva e nei singoli Comuni analizzati, nel periodo in esame, risulta essere in linea con quella attesa su base regionale in entrambi i generi, tranne per il comune di Rotondella che registra un eccesso di mortalità del 22% rispetto al riferimento nel solo genere maschile.

Nell’intera area si registra un eccesso di mortalità per Epatite virale in entrambi i generi (SMR=287 negli uomini e 174 nelle donne). In eccesso negli uomini si registra la mortalità per mesotelioma della pleura (6 casi con SMR=433) e Diabete Mellito (SMR=169). Nelle donne si registra un eccesso di mortalità per asma basato su 3 casi.

Entrando nel dettaglio dell’analisi comunale nel Comune di Nova Siri si registrano eccessi di mortalità per epatite virali in entrambi i generi, Per tumore dell’utero nelle donne (SMR= 247) e per morbo di Parkinson (SMR= 261) negli uomini, entrambe le stime si basano sull’osservazione di 4 casi. In linea con il profilo di salute del riferimento regionale appare il comune di Policoro, tranne nel genere femminile un eccesso di mortalità per Malattia ipertensiva (SMR= 153).

Più complesso risulta il profilo di mortalità del comune di Rotondella dove negli uomini si registrano eccessi di mortalità per tumore del polmone (SMR= 203), malattie respiratorie croniche (SMR= 196) e Diabete Mellito (SMR= 205). Per quanto riguarda il genere femminile si registrano eccessi di mortalità per tumore del pancreas (SMR= 448); per malattie dell’apparato digerente (SMR= 230) e disturbi circolatori dell’encefalo (SMR= 153).

Spostando l’attenzione sul comune di Tursi si registra un eccesso di mortalità per diabete mellito negli uomini (SMR= 208) e per malattia ipertensiva in entrambi i generi (SMR= 184 negli uomini e SMR= 168 nelle donne).

L'ultimo comune componente l'area oggetto di studio ossia Scanzano evidenzia eccessi di mortalità per Epatite virale in entrambi i generi, e per quanto riguarda il genere maschile Tumore dello stomaco (SMR=242), Diabete mellito (SMR= 187), malattie ischemiche del cuore e nello specifico Infarto del miocardio (SMR= 174).

Osservando il profilo di salute dal punto di vista delle ospedalizzazioni, che presumibilmente misurano effetti di esposizioni più recenti rispetto alla mortalità che nella maggiore parte dei casi fornisce il quadro delle esposizioni a lungo termine.

Considerando l'insieme dei Comuni si registrano eccessi di ospedalizzati rispetto al riferimento regionale per malattie Ischemiche acute (SHR= 285 negli uomini e 153 nelle donne), malattie cerebrovascolari (SHR= 124 negli uomini e 317 nelle donne) malattie polmonari croniche (SHR= 184 negli uomini e 138 nelle donne); malattie dell'apparato digerente (SHR= 106 negli uomini e 109 nelle donne). Per il solo genere femminile si registrano eccessi di mortalità per colon-retto (SHR= 102) e tumore del fegato (SHR= 212). Per il genere maschile si registra un eccesso di mortalità per diabete mellito (SHR= 133).

Spostando l'analisi ai singoli Comuni, il comune di Nova Siri non sembra avere un quadro di salute molto diverse dal riferimento: in entrambi i generi si registra un eccesso di mortalità per malattie cerebrovascolari (SHR= 127 e 131), malattie respiratorie croniche (SHR= 198 e 122). Nelle donne per mortalità del tumore del fegato (SHR= 373).

Per quanto riguarda il comune di Policoro nel genere femminile si registrano eccessi di mortalità per epatite virale (SHR=211), tumore del fegato (SHR= 212), malattie dell'apparato digerente e in particolare cirrosi (SHR=140), negli uomini si registrano eccessi per malattie cardiache (SHR= 114), malattie cerebrovascolari (SHR= 114) e polmonari croniche (SHR= 204). In entrambi i generi si registrano eccessi di ospedalizzati per malattie ischemiche del cuore ed in particolare ischemiche acute (SHR 132 e 168).

Per quanto riguarda il comune di Rotondella si registrano eccessi in entrambi i generi per malattie cerebrovascolari (SHR= 157 e 153) e per malattie respiratorie croniche (212 e 121), per il solo genere femminile si registra un eccesso di ospedalizzati per tumore del pancreas (SHR=320).

Per quanto riguarda il comune di Tursi negli uomini si registrano eccessi di ospedalizzati per asma (SHR= 325) e diabete (SHR= 179) e nelle donne malattie cerebrovascolari (SHR= 129).

Nel comune di Scanzano si registrano eccessi di ospedalizzati solo nel genere maschile per malattie ischemiche acute (SHR= 143), malattie cerebrovascolari (SHR= 130) e malattie polmonari croniche (SHR= 170).

Alla luce dei risultati derivanti dal quadro epidemiologico effettuato, sono state individuate alcune criticità nel profilo di salute della popolazione residente nei Comuni dell'area rispetto alla regione

Basilicata.

Tali criticità sono riscontrabili sia nel rischio di mortalità che di ospedalizzazione e riguardano anche patologie con evidenza di associazione a priori con numerose sorgenti di emissione ambientale. Occorre tenere comunque presente che queste patologie riconoscono tuttavia molteplici fattori di rischio, per cui si può ipotizzare che un eventuale esposizione a contaminanti ambientali abbia giocato un ruolo causale o concausale nel determinarle; inoltre, per quelle patologie i cui eccessi sono stati riscontrati in entrambi i generi si può ipotizzare un ruolo di esposizioni avvenute non solo in ambito occupazionale ma anche residenziale.

Al fine di una corretta interpretazione dei risultati ottenuti, occorre tuttavia sottolineare che, per rispondere esaurientemente al quesito sul possibile impatto sanitario dell'inquinamento ambientale sono necessarie indagini epidemiologiche analitiche, basate sull'integrazione di dati ambientali e sanitari, che individuino le aree e le popolazioni a maggior impatto dei contaminanti rilasciati, con dati sanitari individuali o di piccola area (sub-comunale). Si sottolinea, inoltre, che le elaborazioni basate sul dato di ospedalizzazione, importanti per fornire una stima della frequenza delle patologie per le quali è previsto il ricovero, non rappresentano una stima dell'incidenza delle patologie analizzate. Questa considerazione vale in particolare per le neoplasie, per le quali i dati dei registri tumori accreditati rappresentano la fonte informativa primaria.

CONCLUSIONI FINALI

In conclusione, dallo studio condotto sui cinque Comuni (Policoro, Nova Siri, Rotondella, Tursi e Scansano Jonico), è emerso che:

- a) Relativamente ai contaminanti chimici, i risultati della caratterizzazione ambientale effettuata sui suoli ad uso agricolo, sedimenti fluviali e sabbie marine non hanno evidenziato criticità: tutti i valori risultano, infatti, conformi alle normative di settore. Si evidenziano concentrazioni maggiori rispetto agli standard di qualità ambientali sui campioni di sedimenti fluviali e marini, per i soli cromo e nichel: tali valori sono, tuttavia, molto probabilmente imputabili al fondo naturale e non riconducibili alle attività dell'impianto. Dalle indagini di caratterizzazione effettuate sulle matrici ambientali non sono emerse, ad oggi, criticità tali da richiedere la valutazione dell'esposizione della popolazione e la stima del rischio nei territori dei cinque Comuni oggetto di indagini.
- b) Con riferimento all'analisi dei rischi radiologici nelle medesime matrici, è stata riscontrata la presenza del solo ^{137}Cs tra i radionuclidi gamma emettitori di origine artificiale. I valori misurati, per tutte le matrici, sono risultati ben al di sotto dei valori massimi trovati in Italia dalle ARPA regionali nell'ambito della rete di monitoraggio per il controllo della radioattività ambientale, e comunque tali da determinare una dose efficace all'individuo di riferimento della popolazione molto minore del limite previsto dalla normativa vigente di radioprotezione, D.Lgs. 101/2020. Non si evidenziano, quindi, anomalie radiometriche tali da richiedere indagini ulteriori; le risultanze sperimentali suggeriscono che le concentrazioni di ^{137}Cs rivelate siano in gran parte attribuibili ai rilasci in atmosfera dovuti ai test atomici del secolo scorso ed all'incidente alla centrale di Chernobyl avvenuto nel 1986.
- c) Per quanto riguarda la valutazione della qualità delle acque destinate al consumo umano e ad uso irriguo, all'interno del perimetro dell'impianto sono stati riscontrati contaminanti di natura antropica (i.e. tricloroetilene e triclorometano) pressoché ubiquitari nelle acque sotterranee nazionali e sforamenti non sistemici nel tempo e nello spazio non correlabili con una tendenza e un plume di contaminazione. All'esterno del perimetro dell'impianto non sono state osservate particolari criticità per parametri di accertata origine antropica mentre alcuni parametri quali ferro, solfati e manganese, anche di plausibile origine ambientale, presentano concentrazioni non trascurabili, ma non riconducibili con certezza, allo stato attuale delle conoscenze, ad uno scenario di rischio in considerazione delle caratteristiche di pericolosità, quantità riscontrate, frequenze di rinvenimento e sorgenti di

esposizione umana.

- d) I risultati delle analisi epidemiologiche condotte, pur evidenziando alcune criticità nel profilo di salute della popolazione residente nei Comuni dell'area rispetto alla regione Basilicata, non sono in grado di escludere un ruolo causale o concausale nella manifestazione di dette criticità da parte di esposizioni a contaminanti ambientali non riconducibili direttamente alle attività dell'impianto. Al fine di una corretta interpretazione dei risultati ottenuti, quindi, non è possibile prescindere da indagini epidemiologiche analitiche, basate sull'integrazione di dati ambientali e sanitari, che individuino le aree e le popolazioni a maggior impatto dei contaminanti rilasciati, con dati sanitari individuali o di piccola area (sub-comunale).

Negli Allegati A, B, C, D ed E alla presente Relazione (ai quali si rimanda per approfondimenti) sono illustrate in modo puntuale tutte le attività svolte dalle cinque linee di ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- ARPAB (2021). Rapporto sulla radioattività ambientale in Basilicata (anno 2020), Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Basilicata - sede di Matera, Centro Regionale Radioattività (CRR).
- ISIN (2021). Attività nucleari e radioattività ambientale: rapporto ISIN sugli indicatori II edizione 2021 – dati 2020, Rapporto 6/2021, Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione.
- UNI (2021). EN ISO 20042:2021. Measurement of radioactivity - Gamma-ray emitting radionuclides - Generic test method using gamma-ray spectrometry
- Decreto Ministeriale n. 46 del 1° Marzo 2019 - " *Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152*".
- Decreto Legislativo n. 172 del 13 Ottobre 2015 – "*Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque*"
- Decreto Ministeriale n.260 del 8 Novembre 2010 – "*Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo*".
- Decreto Ministeriale n. 173 de 15 Luglio 2016 – "*Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini*"
- Zona, A., I. Iavarone, C. Buzzoni, S. Conti, M. Santoro, L. Fazzo, R. Pasetto, R. Pirastu, C. Bruno, C. Ancona, F. Bianchi, F. Forastiere, V. Manno, G. Minelli, A. Minerba, F. Minichilli, G. Stoppa, A. Pierini, P. Ricci, S. Scondotto, L. Bisceglia, A. Cernigliaro, A. Ranzi, P. Comba, S. Gruppo di lavoro, A.-S. Gruppo di lavoro and S. Gruppo di lavoro Malformazioni congenite (2019). "[SENTIERI: Epidemiological Study of Residents in National Priority Contaminated Sites. Fifth Report]." Epidemiol Prev **43**(2-3 Suppl 1): 1-208.

Alle attività del presente progetto – ivi inclusa la stesura della presente relazione – hanno collaborato:

per il **Dipartimento Ambiente e Salute**

Beccaloni Eleonora

Bruni Biagio Maria

Scaini Federica

Luca Lucentini

Federica Nigro Di Gragorio

Mario Cerroni

per il **Centro Nazionale per la Protezione dalle Radiazioni e Fisica Computazionale**

Ampollini Marco

Antignani Sara

Bochicchio Francesco

Caccia Barbara

Caprio Mario

Carpentieri Carmela

Di Carlo Christian

Nuccetelli Cristina

Venoso Gennaro

per il **Servizio Tecnico Scientifico di Statistica**

Valerio Manno