



**REGIONE CALABRIA
GIUNTA REGIONALE**

**DIPARTIMENTO AMBIENTE E TERRITORIO (AT)
SETTORE 8 - BONIFICHE E RECUPERO AREE DEGRADATE**

Assunto il 24/10/2018

Numero Registro Dipartimento: 1239

DECRETO DIRIGENZIALE

“Registro dei decreti dei Dirigenti della Regione Calabria”

N°. 12225 del 26/10/2018

**OGGETTO: PRESA D'ATTO DELLA CARTA DELLA VULNERABILITA' INTEGRATA
DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE DELLA PIANA DI LAMEZIA TERME - NOTE
ILLUSTRATIVE..**

Dichiarazione di conformità della copia informatica

Il presente documento, ai sensi dell'art. 23-bis del CAD e successive modificazioni è copia conforme informatica del provvedimento originale in formato elettronico, firmato digitalmente, conservato in banca dati della Regione Calabria.

IL DIRIGENTE GENERALE REGGENTE

VISTA la Legge Regionale n° 7 del 13 maggio 1996 recante "Norme sull'ordinamento della struttura organizzativa della Giunta Regionale e sulla Dirigenza Regionale" ed in particolare: a) l'art. 28 che individua compiti e responsabilità del Dirigente con funzioni di Dirigente Generale";

VISTA la D.G.R. n° 2661 del 21.06.1999 recante - "Adeguamento delle norme legislative e regolamentari in vigore per l'attuazione delle disposizioni recate dalla L.R. 7/96 e dal D.Lgs 29/93 e successive integrazioni e modificazioni";

VISTO il Decreto n° 354 del 24.06.1999 - del Presidente recante "Separazione dell'attività amministrativa di indirizzo e di controllo da quella di gestione e successive modificazioni e/o integrazioni";

VISTO il Decreto n° 206 del 15/12/2000 del Presidente della Regione recante "D.P.G.R. n° 354 del 24/06/1999, ad oggetto: separazione dell'attività amministrativa di indirizzo e di controllo, da quella della gestione – rettifica";

VISTA la D.G.R.n.19 del 05/02/2015 di approvazione della nuova Macrostruttura della Giunta Regionale, con l'istituzione del Dipartimento "Ambiente e Territorio", il quale ha assorbito le competenze dei Dipartimenti "Urbanistica e Governo del Territorio" e "Politiche dell'Ambiente";

VISTA la Deliberazione D.G.R. n° 264 del 12/07/2016, con la quale è stato conferito l'incarico di Dirigente Generale del Dipartimento "Ambiente e Territorio" all'Arch. Orsola Renata Maria Reillo;

VISTA la DGR n. 241 del 24/09/2018 recante: "Misure volte a razionalizzare e garantire maggiore efficienza alla struttura organizzativa della Giunta Regionale – Modifica al Regolamento Regionale n. 16 del 24/12/2015 approvato con DGR n. 541 del 16/12/2015 e s.m.i." – Conferimento incarico di Direttore Generale Reggente del Dipartimento Ambiente e Territorio e del Dipartimento Urbanistica alla Dott.ssa Orsola Reillo;

VISTA la L.R. n. 34 del 2002 e s.m.i e ritenuta la propria competenza;

VISTO l'art. 45 della L.R. n. 8 del 04/02/2002;

VISTA la D.G.R. n. 370 del 24/09/2015 recante "*Atto di indirizzo per garantire il rispetto degli equilibri di bilancio di cui all'art. 1, commi 643 e segg. della legge 23 dicembre 2014, n. 190 (Legge di stabilità 2015), e per l'applicazione delle disposizioni di cui all'art. 3 della Legge regionale 27 aprile 2015, n. 11 "Provvedimento generale recante norme di tipo ordinamentale e procedurale (Collegato alla manovra di finanza regionale per l'anno 2015)"*;

PREMESSO:

CHE la Regione Calabria, nell'ambito dell'iter dell'aggiornamento del piano delle bonifiche, ha sottoscritto con l'ARPACal una convenzione al rep. n. 689 del 19/05/2017 che prevede, tra l'altro, all'art. 2.A l'esecuzione del Progetto "Studio dei valori anomali di concentrazione degli inquinanti riscontrati nelle acque di falda della zona industriale di Lamezia Terme" redatto dalla Regione e dell'ARPACal;

CONSIDERATO:

CHE il progetto "Studio dei valori anomali di concentrazione degli inquinanti riscontrati nelle acque di falda della zona industriale di Lamezia Terme" è parte integrante al Piano di Lavoro redatto dall'ARPACal e allegato alla convenzione rep. n. 689 del 19/05/2017;

CHE il progetto è composto a 5 fasi:

- prima fase – raccolta dati esistenti
- seconda fase – campionamento ed analisi chimiche di laboratorio
- terza fase – studio, valutazione e rappresentazione degli esiti analitici
- quarta fase – carta della vulnerabilità
- quinta fase – presentazione dati

CHE nell'area pilota si sta effettuando il campionamento delle acque di falda da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio per la verifica delle concentrazioni anomale riscontrate;

CHE è stato effettuato il rilievo della falda della piana di Lamezia Terme per la predisposizione della carta della vulnerabilità dell'acquifero sotterraneo;

DATO ATTO CHE l'ARPACal con la nota prot. n. 18484 del 04/05/2018 ha trasmesso la Carta della Vulnerabilità Integrata dell'acquifero superficiale della Piana di Lamezia Terme e le relative note illustrative, redatta congiuntamente con il Dipartimento Ambiente e Territorio della Regione Calabria, quale prodotto intermedio del progetto in itinere;

RAVVISATO:

CHE la Carta rappresenta uno studio conoscitivo di tutela e di gestione della risorsa idrica per il governo del territorio e che può rappresentare la base di strumenti di programmazione di vari Enti;

CHE per le perseguire le finalità di detto studio è stato costituito un tavolo tecnico composto dal Dipartimento Ambiente e Territorio della Regione Calabria, ARPACal, Comune di Lamezia Terme e Provincia di Catanzaro;

RITENUTO necessario prendere atto dei risultati contenuti nella “Carta della Vulnerabilità Integrata dell’acquifero superficiale della Piana di Lamezia Terme e le relative note illustrative” al fine di un successivo possibile utilizzo, quale parte integrante del progetto “Studio dei valori anomali di concentrazione degli inquinanti riscontrati nelle acque di falda della zona industriale di Lamezia Terme”;

DATO ATTO che il presente provvedimento non comporta oneri a carico del bilancio annuale e/o pluriennale della Regione Calabria;

ATTESTATA, sulla scorta dell’istruttoria effettuata, la regolarità amministrativa nonché la legittimità e correttezza del presente atto;

DECRETA

per i motivi narrati in premessa che si intendono tutti integralmente confermati quali parte integrante e sostanziale del presente provvedimento:

- **di prendere atto** dei risultati contenuti nella “Carta della Vulnerabilità Integrata dell’acquifero superficiale della Piana di Lamezia Terme e le relative note illustrative” al fine di un successivo possibile utilizzo, quale parte integrante del progetto “Studio dei valori anomali di concentrazione degli inquinanti riscontrati nelle acque di falda della zona industriale di Lamezia Terme”;
- **di trasmettere** il presente provvedimento all’ARPACal, al Comune di Lamezia Terme, alla Provincia di Catanzaro;
- **di provvedere** alla pubblicazione integrale del presente provvedimento sul BURC, a cura di questo Dipartimento, ai sensi della L.R. n. 11 del 06 aprile 2011, a richiesta del Dirigente Generale di questo Dipartimento.

Sottoscritta dall’Istruttore

GALLO PIETRO
(con firma digitale)

Sottoscritta dal Dirigente Generale Reggente

REILLO ORSOLA RENATA M.
(con firma digitale)

LEGENDA

PRODUTTORI REALI E POTENZIALI D'INQUINAMENTO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

- Area Urbana o assimilabile sprovvista di rete fognaria
- Area Urbana o assimilabile provvista di rete fognaria
- Industria con scarichi e/o rifiuti organico - biologici
- Industria con scarichi e/o rifiuti organici difficilmente biodegradabili
- Industria con scarichi e/o rifiuti inorganici
- Ospedale
- Mattatoio
- Cimitero
- Aeroporto
- Campo Nomadi, baraccopoli, insediamento abusivo
- Campeggio, insediamento turistico
- Coltivazioni intensive in serra / Viti
- Coltivazioni intensive in serra / Az. Agricole
- Frantoi Oleari
- Allevamento Suini
- Allevamento Bovini
- Allevamento Ovicaprini ed Equini
- Allevamento Piscicoltura
- Stazione ferroviaria importante
- Autoperco, Officina meccanica, Autodemolitori, Interporto
- Depositi di Petrolio/Benzina, Distributori di carburante
- Discarica incontrollata e/o abusiva di rifiuti misti

POTENZIALI INGESTORI E VIACOLI D'INQUINAMENTO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

- Cava in attività
- Cava abbandonata
- Pozzo abbandonato e/o malcostruito, potenzialmente capace di connettere l'inquinamento di superficie all'acquifero sottostante

PREVENTORI E/O RIDUTTORI DELL'INQUINAMENTO

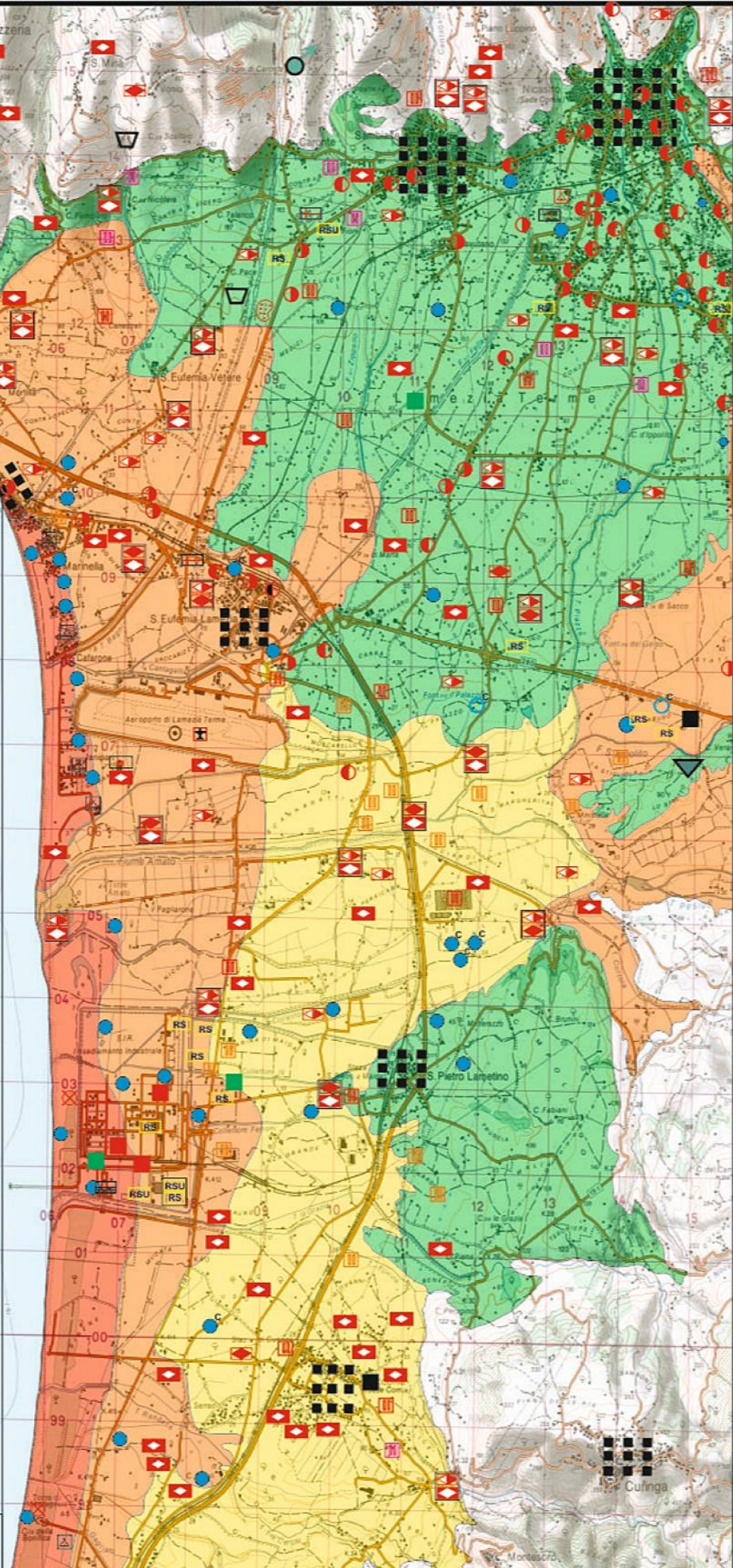
- Discarica per Rifiuti Solidi Urbani ed assimilabili agli urti
- Impianto di trattamento per Rifiuti Solidi Urbani ed assimilabili
- Impianto di trattamento per Rifiuti Speciali
- Impianto di depurazione di acque reflue urbane (primario, secondario e terziario)

PRINCIPALI SOGGETTI AD INQUINAMENTO

- Zona di rispetto opera di captazione a scopo idropotabile
- Sorgente termale
- Pozzo di captazione a scopo industriale o agricolo (C = captazione di più acquiferi)
- Pozzo di captazione a scopo idropotabile (C = captazione di più acquiferi)
- Campo pozzi di captazione a scopo idropotabile (C = captazione di più acquiferi)

GRADI DI VULNERABILITÀ

- MOLTO BASSA
- BASSA
- MEDIA
- ALTA
- ELEVATA
- MOLTO ELEVATA





Maggio 2018

CARTA DELLA VULNERABILITÀ INTEGRATA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE DELLA PIANA DI LAMEZIA TERME - NOTE ILLUSTRATIVE

INDICE

Premessa	pag. 2
Generalità Inquinanti	pag. 4
Principali categorie di inquinanti	pag. 5
Centri di Pericolo	pag. 7
Modalità di migrazione degli inquinanti in falda	pag.11
Inquadramento geologico – strutturale, geomorfologico ed idrogeologico	pag. 14
Piezometria e soggiacenza dell'acquifero superficiale	pag. 20
Metodologia	pag.22
Carta della Vulnerabilità Intrinseca	pag.23
Carta della Vulnerabilità Integrata	pag.28
Analisi di situazioni specifiche esistenti all'interno della piana	pag.33
Conclusioni	pag.40
Bibliografia	pag.44

Supervisore:

Arch. Orsola Reillo^(°°)

Coordinamento:

Dr. Chim. Clemente Migliorino^(**)

Autori:

Dr. Geol. Enzo Cuiuli^(*)

Dr.ssa Alessandra Costabile^(°)

^(°°) Dirigente Generale Regione Calabria – Dipartimento Ambiente e Territorio

^(**) Direttore Dipartimento Provinciale ARPA.Cal di Vibo Valentia – Direttore
Centro Regionale Coordinamento Controlli Ambientali e Rischi

^(*) Funzionario Dipartimento Provinciale ARPA.Cal di Catanzaro – Servizio
Tematico Suolo e Rifiuti

^(°) Consulente presso Regione Calabria – Dipartimento Ambiente e Territorio

Premessa

La Carta di Vulnerabilità Integrata della Piana di S. Eufemia Lamezia, è parte di un più ampio progetto dal titolo: “Studio dei valori anomali di concentrazione degli inquinanti riscontrati nelle acque di falda della Zona Industriale di Lamezia Terme”, attualmente in corso di realizzazione. Lo studio redatto ed attuato in sinergia da Regione Calabria – Dipartimento Ambiente e Territorio ed ARPACal è contenuto nella convenzione (rep. n. 689/2017) stipulata tra i due Enti. In generale il progetto nasce dall'esigenza di verificare la presenza di valori anomali di concentrazione di alcuni analiti riscontrati nell'area industriale di Lamezia Terme e definire se questi siano imputabili a cause di origine naturale o a fenomeni d'inquinamento antropico. L'attività è svolta attraverso il monitoraggio dell'acquifero sottostante nell'area di studio.

Nella definizione del quadro conoscitivo dello studio sopracitato è stata redatta la “Carta della Vulnerabilità integrata dell'acquifero superficiale della piana di S.E. Lamezia” poiché ritenuta propedeutica alla comprensione della tematica studiata ed, in generale, alla definizione dei potenziali scenari di rischio inquinamento. Infatti la carta prodotta, oltre a fornire un quadro conoscitivo sulla vulnerabilità dell'acquifero per le finalità di progetto, può essere impiegata come supporto agli strumenti di pianificazione ed in generale alle azioni di governo del territorio, fornendo elementi utili ad una corretta gestione del territorio e dell'acquifero sottostante per impedire il degrado della risorsa e nei casi più gravi l'inquinamento della falda idrica.

2

Pertanto si è ritenuto di non limitare lo studio della vulnerabilità integrata dell'acquifero alla sola Zona Industriale ma di estenderlo all'intera Piana, poiché la cartografia prodotta potrà rappresentare un valido strumento di analisi e di indagine per tutti gli operatori di settore (pubblici e privati) che agiscono a vario titolo nella Piana di S. E. Lamezia poiché, questo territorio, rappresenta una delle più importanti realtà produttive della regione ed è caratterizzata da una complessa ed articolata struttura idrogeologica che costituisce uno dei maggiori serbatoi idrici naturali dell'intera regione.

Infine si evidenzia che la piana di S.E. Lamezia per la sua estensione di media scala, la conformazione litologico – strutturale – idrogeologica, per l'alto grado di antropizzazione e per la coesistenza di attività produttive di vario genere (agricole/industriali) rappresenta un'area pilota rispetto alle principali pianure della regione su cui applicare la metodologia proposta dal CNR-GNDICI (Civita 1994; De Maio et al. 2001) da estendere successivamente a tutta la regione.

In conclusione allo scopo di fornire un documento conoscitivo organico che sia strumento di base per le finalità di progetto e al contempo sia utile alla definizione di potenziali scenari di vulnerabilità e di rischio inquinamento la presente nota illustrativa è stata divisa in due parti.

Parte I: annovera un breve richiamo a concetti di base dell'inquinamento delle acque sotterranee. In questa sezione saranno descritte, schematicamente, le maggiori

categorie d'inquinanti, i centri di pericolo e le attività antropiche da cui derivano. Verranno inoltre descritte le principali modalità di migrazione degli inquinanti in falda.

Parte II: comprende l'inquadramento geologico – strutturale, geomorfologico ed idrogeologico della piana di S. E. Lamezia, la metodologia di studio utilizzata, la descrizione della carta di vulnerabilità intrinseca e dei centri di pericolo che nell'insieme costituiscono la “carta di vulnerabilità integrata” della piana.

Generalità Inquinanti

Secondo il Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche del CNR (GNDCI-CNR) la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, nell'Italia peninsulare, può essere rappresentata secondo uno schema che accomuna la maggior parte delle realtà esistenti nel mezzogiorno [fig. 1]. Questo scenario è contraddistinto da un'alta densità abitativa nella zone pianeggianti costiere ed intramontane. In questo quadro l'approvvigionamento idrico, degli insediamenti vallivi, avviene attraverso strutture idrogeologiche ubicate nelle aree montane poco o per nulla soggette alla pressione antropica e all'inquinamento che da essa deriva. Pertanto, in questo caso, la risorsa idrica ha generalmente standard di qualità elevati; tuttavia possono verificarsi significativi episodi d'inquinamento puntuale e/o diffuso nelle zone vallive come schematizzato in figura 1.

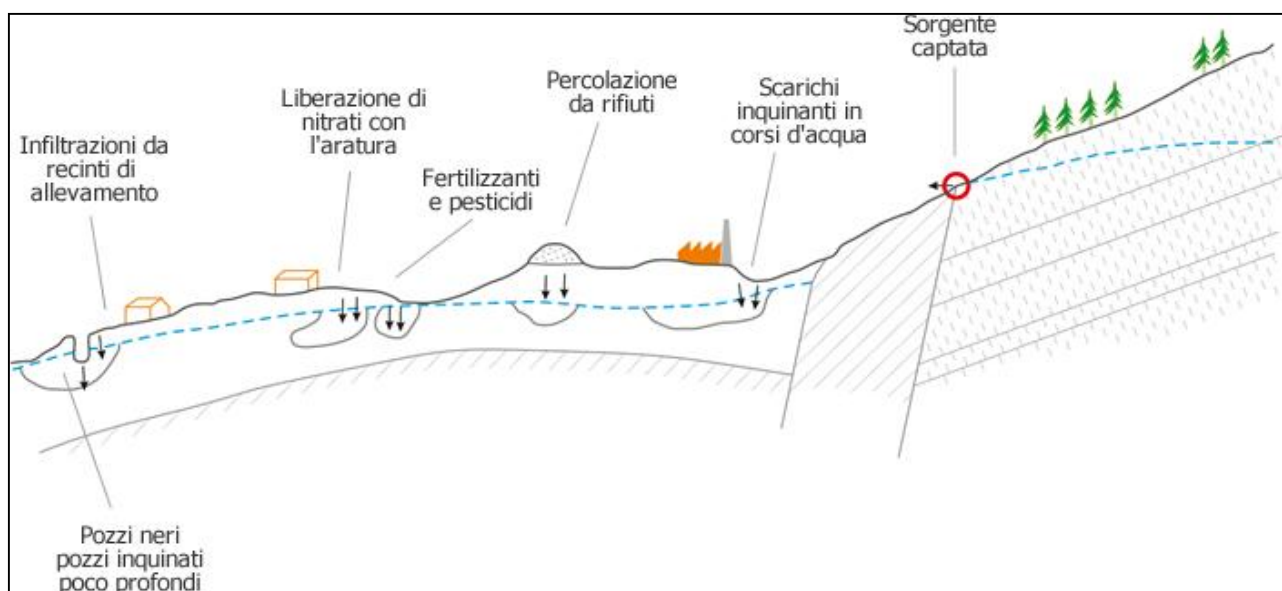


Fig. 1: Schema dello scenario di vulnerabilità degli acquifero all'inquinamento (Civita,1994; mod.)

In generale l'inquinamento delle acque sotterranee può avere origine Naturale o Antropica, (Domestica, Agricola, Industriale) come meglio precisato nella tabella 1

ORIGINE		TIPOLOGIA
ANTROPICA	NATURALE	Presenza di sedimenti nelle acque (alto grado d'intorbidamento e di sostanze disciolte)
	DOMESTICA	Scarichi di reflui domestici (deiezioni, tensioattivi, olii e grassi ecc.)
	AGRICOLA ZOOTECNICA	Liquami zootecnici, fertilizzanti, diserbanti, ammendanti, pesticidi ecc.
	INDUSTRIALE	Sostanze inquinanti, provenienti dai cicli di lavorazione, che possono trovarsi in soluzione/sospensione.

Tab.1: Origine e Tipologia d'inquinamento delle acque sotterranee (Gisotti et al.2004; rid e mod.)

Gli inquinanti provenienti da attività domestiche sono, quindi, essenzialmente sostanze organiche costituite principalmente da deiezioni e da sostanze inorganiche (es.: tensioattivi). Gli inquinanti di origine agricola sono invece generati principalmente dalle moderne pratiche agricole, legate allo spandimento di sostanze chimiche (fertilizzanti/pesticidi) e di effluenti zootecnici. In ultimo, l'inquinamento industriale può essere sia di tipo organico che inorganico a seconda del ciclo di lavorazione da cui esso scaturisce e del tipo di materie prime lavorate.

Nel meccanismo di trasporto dei contaminanti nel terreno, la propagazione e la diffusione dell'inquinante stesso sono funzione dei meccanismi di autodepurazione e di diluizione che s'instaurano nel percorso tra il punto d'immissione dell'inquinante ed il bersaglio (punti di captazione, insediamenti antropici, ecc). Infatti gli inquinanti idrosolubili, tendono ad essere lisciviati dalle acque meteoriche che, filtrando attraverso i meati del terreno, possono raggiungere gli acquiferi sottostanti.

Principali categorie di inquinanti

Esistono vari elementi chimici che possono generare l'inquinamento di un acquifero se presenti in concentrazioni elevate nelle acque di falda, "Concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee" (tab. 2, All. 5 - P.te IV, D.lgs 152/06 e s.m.i.). Pertanto, seguendo lo schema generale della tab. 2 – D.lgs 152/06, vengono di seguito descritte sinteticamente le principali categorie d'inquinanti.

5

Metalli Pesanti

La presenza di metalli pesanti nel suolo/sottosuolo e nelle acque superficiali/sotterranee, in concentrazioni superiori a quelle ammesse dalla legislazione vigente, può avere un'origine naturale (c.d.: fondo naturale o tenore di fondo). Tuttavia, in alcuni casi, l'origine è da ricercarsi in attività antropiche esistenti sul territorio interessato dall'inquinamento o all'interazione dei fenomeni antropici e cause naturali. I metalli pesanti infatti sono presenti allo stato naturale nei terreni ed in molteplici processi produttivi e sono i componenti base di tanti prodotti di largo impiego. Di seguito la tabella 2 elenca i principali metalli pesanti, correlandoli ad attività antropiche in cui sono comunemente impiegati.

METALLO	ATTIVITÀ ANTROPICA IN CUI VENGONO IMPIEGATI
Argento	Industrie fotografiche, metallurgiche, farmaceutiche, elettroniche, metalmeccaniche.
Arsenico	Industrie agro-chimiche, metallurgiche, poligrafiche, conciarie.
Cadmio	Industrie metallurgiche, chimiche, metalmeccaniche, materie plastiche, fotografiche, tessili.
Cromo	Industrie metallurgiche, chimiche, metalmeccaniche, tessili, conciarie, poligrafiche.
Ferro	Industrie metallurgiche, metalmeccaniche.
Manganese	Industrie chimiche, metalmeccaniche.
Mercurio	Industrie metallurgiche, meccaniche, della gomma, della carta, chimiche, farmaceutiche.
Rame	Industrie metallurgiche, chimiche, metalmeccaniche, della cellulosa e fibre sintetiche.
Piombo	Industrie metallurgiche, meccaniche, petrolchimiche, poligrafiche.
Selenio	Industrie metallurgiche, chimiche, della gomma, poligrafiche, elettroniche, ceramiche, vetri.
Zinco	Industrie metallurgiche, metalmeccaniche, chimiche, della gomma, materie plastiche.

Tab.2: Metalli pesanti ed attività antropica di provenienza (Civita, 1994; mod.)

Inquinanti inorganici (non metallici)

Vengono annoverati in questo gruppo i composti dell'Azoto, del Fosforo, del Boro, dello Zolfo, dei Cloruri, dei Fluoruri.

La tabella 3, elenca i principali inquinanti non metallici, correlandoli ad attività antropiche in cui sono comunemente impiegati.

INQUINANTI INORGANICI (NON METALLICI)	ATTIVITÀ ANTROPICA DI PROVENIENZA
Boro	in linea di massima deriva da scarichi civili (detersivi) o da scarichi di industrie (metallurgiche, fotografiche, del vetro, conciarie, ceramiche)
Composti dello Zolfo (Solfati e Solfuri)	Hanno generalmente origine da scarichi di industrie (petrolchimiche, tessili, della carta, conciarie, alimentari)
Cloruri	Si originano spesso da scarichi liquidi industriali e da liquami domestici o dalla lisciviazione di scarti e sfidi minerari
Fluoruri	Possono originarsi dagli scarichi di industrie chimiche (fertilizzanti), petrolchimiche e metallurgiche.
Composti Azotati	Generalmente derivano dall' Agricoltura/Zootecnia, da scarichi civili non trattati (scarichi abusivi, fosse settiche, pozzi neri ecc.)

Tab.3: Principali inquinanti inorganici non metallici ed attività antropica di provenienza (Civita, 1994; mod.)

Composti chimici organici

I maggiori elementi chimici contaminanti annoverati in questo gruppo sono i fitofarmaci (anticrittogamici, insetticidi, disinfestanti/erbicidi ecc.), abbondantemente

impiegati nell'agricoltura intensiva, ed in numerose sostanze prodotte da attività antropiche civili/industriali.

La tabella 4, elenca i principali composti organici chimici, correlandoli ad attività antropiche in cui sono comunemente impiegati.

COMPOSTI CHIMICI ORGANICI	ATTIVITÀ ANTROPICA DI PROVENIENZA
Composti organici di derivazione petrolifera	Vengono abbondantemente impiegati nelle industrie metalmeccaniche, elettroniche, tessili, chimiche, della gomma alimentare e farmaceutica come solventi/sgrassanti. Si rinvencono solitamente negli scarichi industriali e/o civili.
Tensioattivi	Rappresentano l'elemento base dei comuni detersivi liquidi/solidi per tessuti in genere, per la casa e per l'igiene personale. Pertanto abitualmente si riscontra la loro presenza negli scarichi civili/domestici, industriali,
Idrocarburi Policiclici Aromatici [IPA]	Derivano da emissioni del traffico veicolare, da impianti termoelettrici, da raffinerie di prodotti petroliferi, dall'industria chimica, dall'incenerimento non controllato di rifiuti.
Idrocarburi ed Oli minerali	L'inquinamento ad opera di queste sostanze è sostanzialmente legato ad eventi accidentali (perdite da serbatoi fissi/mobili, fuoriuscite da impianti di raffinazione o di distribuzione carburante, impianti industriali per la produzione di bitume, scarichi di industrie metallurgiche, meccaniche, della gomma.
Fitofarmaci	Presenti in quelle aree a vocazione agricola ed in particolare in quelle zone dedite all'agricoltura intensiva. In questo sottogruppo tra i più persistenti sono i Diserbanti e gli Insetticidi.

Tab.4: Principali inquinanti organici ed attività antropica di provenienza (Civita, 1994; mod.)

Centri di Pericolo

In generale l'inquinamento, in tutte le sue forme (dirette o indirette), spesso trae origine da attività antropiche di tipo industriale, agricolo, commerciale e domestico. Vengono definiti "Centri di Pericolo" (CDP) tutte quelle attività che possono avere un impatto sul suolo/sottosuolo e sulle acque superficiali/sotterranee. I Centri di Pericolo possono essere puntuali (es.: fossa settica, scarico abusivo, ecc.) o diffusi (es.: azienda agricola/zootecnica, ecc.), continui (costante rilascio d'inquinanti nel tempo) o occasionale (es.: sversamento di una cisterna di idrocarburi, ecc.). Le pressioni esercitate

simultaneamente sull'ambiente da queste attività antropiche influenzano direttamente la qualità del suolo.

Integrando una carta di vulnerabilità intrinseca con la tipologia e la distribuzione areale dei CDP, esistenti sul territorio studiato, con le principali vie di migrazione (es.: cave e pozzi abbandonati) gli elementi a maggior rischio (es.: sorgenti e pozzi ad uso idropotabile/agricolo) e gli elementi di prevenzione e riduzione dell'inquinamento (es.: depuratori, discariche controllate) si ottiene un'ulteriore carta derivata che viene definita "Carta della vulnerabilità integrata" che è oggetto del presente studio.

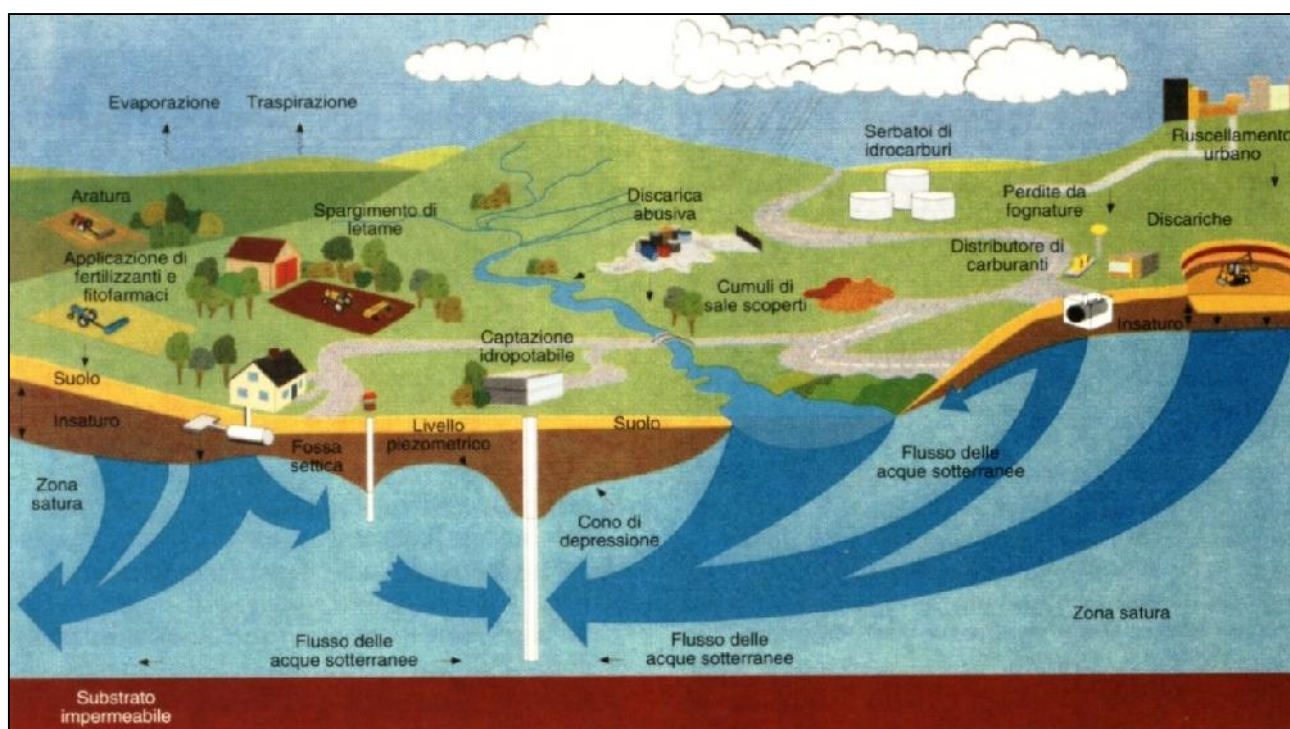


Fig. 2: Principali Centri di Pericolo e loro possibili interazioni con le acque superficiali/sotterranee (BGS, 1993; in Civita, 1994)

Attività Industriali:

In generale, questo tipo di attività devono essere considerate potenziali CDP poiché, a seguito di un evento accidentale, si possono verificare fenomeni d'inquinamento che sono in grado di avere un impatto significativo sulle matrici ambientali (suolo/sottosuolo, acque superficiali/sotterranee, aria). Tuttavia è bene sottolineare che tutte le attività industriali, regolarmente autorizzate, che posso avere impatti sull'ambiente sono dotate di sistemi (presidi ambientali) volti ad abbattere le emissioni ed a prevenire e contenere eventuali fenomeni d'inquinamento dell'ambiente. Inoltre l'autorizzazione all'esercizio di un impianto, rilasciata dalla Regione Calabria – Dipartimento Ambiente e Territorio, contiene il Piano di Monitoraggio e Controllo che indica i parametri e la frequenza di monitoraggio secondo le prescrizioni ARPACal.

INDUSTRIE	TIPOLOGIA DI SCARICHI (*)	MATERIALI IMPIEGATI E RIFIUTI PRODOTTI
Alimentari di base	A	Vari prodotti biodegradabili, Azoto, Fosforo, Potassio, Residui inorganici.
Alimentari vari, Zucchero, Bevande, Tabacco	A; C	Vari prodotti biodegradabili, Azoto, Fosforo.
Tessili	B; A; C	Vari prodotti biodegradabili, Metalli, Acidi, Basi, Solventi Clorurati, Tensioattivi, Fungicidi, grassi,
Abbigliamento	A	Vari prodotti biodegradabili
Calzature	A; B	Vari prodotti biodegradabili, Solventi, Colle, Vernici, ecc.
Cuoio e Pelli	C; B; A	Vari prodotti biodegradabili, Solventi Clorurati, Acidi, Basi, Colle, Vernici, Sali metallici, Alkali
Legno	A; B	Vari prodotti biodegradabili, Oli, Colle, Resine, Fenoli
Mobili/Arredamento	A; B	Vari prodotti biodegradabili, Solventi, Colle, Resine, Vernici, Grassi, ecc.
Metallurgiche	C; B; A	Ossidi, Sali metallici, Acidi, Basi, Ammoniaca, Cianuri, Solventi Clorurati, ecc.
Metalmeccaniche	C; B; A;	Idrocarburi, Basi, Acidi; Oli; Cianuri composti organometallici, Solventi Clorurati, ecc.
Trasporti	B; C; A;	Idrocarburi, oli, Sali metallici, Acidi, Basi, Solventi Clorurati, Vernici, Sost. Organiche,
Lavorazioni di Materiali non metallici	C; B	Metalli Pesanti, Oli, Amianto
Petrolifera	B; C; A	Idrocarburi, Oli, Azoto, Fenoli, Solfuri
Chimiche	B; C; A	Composti chimici organici ed inorganici (Oli, Acidi, Sali metallici, Cianuri, Solventi, ecc.)
Gomma	B; C; A	Oli, Grassi, Solventi, Metalli, Cianuri, Cloruri
Fibre sintetiche	B; C; A	Composti organici, Metalli pesanti, Solventi, Fenoli, ecc.
Carta	A; B	Vari prodotti biodegradabili, Metalli pesanti, Sali inorganici, Tensioattivi,
Poligrafiche e simili	B; C; A	Idrocarburi vari, Metalli, Acidi, Solventi, Cianuri, Fenoli, Oli, Grassi
Materiali plastici	A; B; C	Idrocarburi, Metalli, Composti organo-alogenati, Solventi organici e Clorurati, Cianuri,
Manifatturiere	A; B; C;	Vari prodotti biodegradabili, Idrocarburi, Solventi, Metalli,
(*) A: industrie con scarichi e/o rifiuti organico-biologici; B: Industrie con scarichi e/o rifiuti organici ma difficilmente biodegradabili C: Industrie con scarichi e/o rifiuti inorganici		

Tab.5: Principali attività industriali materiali impiegati e rifiuti prodotti (solidi, liquidi, fanghi) (Civita, 1994; mod.)

Discariche di Rifiuti:

Tra le principali cause d'inquinamento delle acque sotterranee c'è da annoverare lo stoccaggio di rifiuti sia in termini di depositi puntuali (abbandono di rifiuti) sia di vere e proprie discariche (abusivo ed incontrollate). Anche in questo caso è bene puntualizzare che le discariche, regolarmente autorizzate (discariche controllate), sono dotate di sistemi (presidi ambientali) volti a prevenire ed a contenere eventuali fenomeni d'inquinamento dell'ambiente (impermeabilizzazione del fondo e dei fianchi della discarica, rete di raccolta del percolato, canali di guardia per la raccolta delle acque, piezometri ecc.). Tuttavia, anche in questo caso, ogni discarica deve essere considerata un potenziale Centro di Pericolo poiché, a seguito di un evento accidentale, si possono verificare fenomeni d'inquinamento legati alla rottura o al malfunzionamento dei presidi ambientali in grado di generare un impatto significativo sulle matrici (suolo/sottosuolo, acque superficiali/sotterranee, aria). Discorso diverso è invece quello delle discariche abusive/incontrollate, prive di alcun tipo di presidio ambientale, che rappresentano delle vere e proprie bombe ecologiche. In generale in una discarica il rischio d' inquinamento è legato principalmente alla fuoriuscita di percolato⁽¹⁾ per rottura dei sistemi d'impermeabilizzazione. Al percolato, oltre agli inquinanti classici prodotti dalla decomposizione del rifiuto organico, possono sommarsi tutti quei composti che derivano dalla vita domestica (es: detersivi, cosmetici, olii, ecc.) e dalle attività industriali (plastiche, metalli, vernici, acidi, ecc.) che spesso vengono smaltiti in maniera indifferenziata in discarica.

10

Attività Agricole:

Le moderne tecnologie, applicate all'agricoltura, hanno prodotto nuovi sistemi di coltivazione responsabili della qualità dei suoli in aree agricole. L'inquinamento agricolo è riconducibile essenzialmente ad una serie di interventi consistenti nello spandimento, su vaste aree, di prodotti agricoli utili ad aumentare il raccolto (fertilizzanti) ed ad inibire la formazione di piante infestanti (diserbanti) e degli insetti (pesticidi). Tutti questi prodotti, impiegati nelle aziende dedite all'agricoltura intensiva, se utilizzati in dosi massicce possono generare significativi fenomeni d'inquinamento del suolo/sottosuolo e delle acque superficiali/sotterranee. In generale il potenziale inquinante dei fertilizzanti è rappresentato dalla loro solubilità. Questi prodotti contengono principalmente azoto, potassio, fosforo che a causa della loro buona solubilità giungono con facilità nell'acquifero inquinandolo. Discorso analogo per i fitofarmaci (diserbanti e pesticidi).

⁽¹⁾Il percolato è il fluido che si produce dalla decomposizione del rifiuto organico arricchito dei liquidi circolanti nella massa dei rifiuti (acque meteoriche).

Attività Zootecniche:

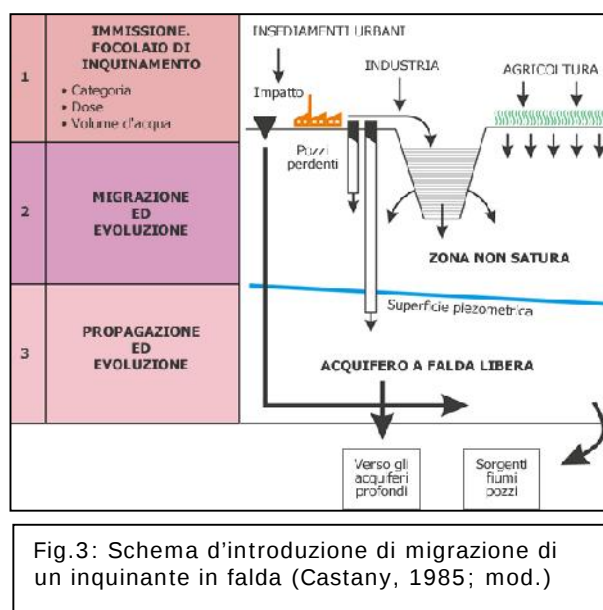
L'inquinamento connesso a questo tipo di attività è legato essenzialmente al quantitativo di letame prodotto e stoccato (effluenti zootecnici) e quindi al numero di capi allevato. In questo caso l'elemento inquinante principale è l'azoto ammoniacale ed i batteri. Anche questi inquinanti vengono idrotrasportati con facilità attraverso il suolo nell'acquifero.

Modalità di migrazione degli inquinanti in falda

In generale il trasporto e la propagazione degli inquinanti (idrosolubili/ idrotrasportati) nel terreno è determinato sostanzialmente da 3 fattori [fig. 3]:

1. Introduzione dell'inquinante nel terreno;
2. Migrazione dell'inquinante dalla zona non satura alla zona satura dell'acquifero;
3. Raggiungimento della zona satura e trasporto/propagazione dell'inquinante in falda.

In base a quanto sopra schematizzato si può affermare che, durante la prima fase, è di fondamentale importanza il quantitativo e di conseguenza la



concentrazione dell'inquinante introdotto. Successivamente incidono nel processo le caratteristiche litologiche del terreno. Infatti, a parità di condizioni, terreni a granulometria grossolana si lasceranno attraversare, dal fluido contaminato, in un intervallo di tempo (Δt) minore di un terreno a granulometria medio/fine (permeabilità dei terreni). Infine, tra i fattori che giocano un ruolo importante nel meccanismo di contaminazione dei suoli e delle falde sotterranee, non bisogna trascurare le condizioni climatiche poiché periodi piovosi/siccitosi apportano, come è evidente, un volume variabile di acqua che concorre a diluire/concentrare l'inquinante in soluzione. In generale il flusso di un inquinante in falda è funzione della sua densità; pertanto quelli più leggeri tenderanno a galleggiare sulla superficie dell'acquifero mentre quelli più pesanti si concentreranno nei settori più profondi della falda. Un ruolo importante è esercitato dalla velocità del fluido; più il flusso è lento più l'inquinante rimane nell'insaturo e maggiore è l'azione autodepurante che questi strati di terreno possono

esercitare. In merito alla velocità è bene precisare che, quest'ultima, è legata alla viscosità (poiché inversamente proporzionale alla velocità) ed al diametro dei granuli del terreno. Inoltre la migrazione di un inquinante in falda dipende dalla concentrazione del soluto.

Analizzando gli aspetti idrodinamici di propagazione dell'inquinante in falda, i meccanismi di trasporto, sono funzione di diversi fattori quali: solubilità, densità, viscosità del contaminante, regime della falda (piena/magra), geometria dell'acquifero. In figura 4 è schematizzata la propagazione di un inquinante in falda, a seconda che l'immissione del contaminante avvenga in maniera continua o istantanea. In ambedue i casi sono messi in relazione il grafico [concentrazione (C) – tempo (t)] con le curve di isoconcentrazione (Isocone) di una sostanza disciolta in un fluido.

Nel 1° caso (S_1): l'immissione del contaminante è continua. Le isocone si dipanano, dalla falda, partendo dal punto d'immissione dell'inquinante. Oltre questo punto (a valle idrogeologica) si formerà un massimo di concentrazione (M), al di là del quale si assiste ad un ulteriore allungamento delle linee di flusso e ad una progressiva diminuzione della concentrazione dell'inquinante. L'allungamento del contaminante, secondo la linea di flusso, prende il nome di “pennacchio d'inquinamento” (Beretta, 1992) con una forma ellissoidale, allungata nella direzione e nel verso delle linee di flusso

12

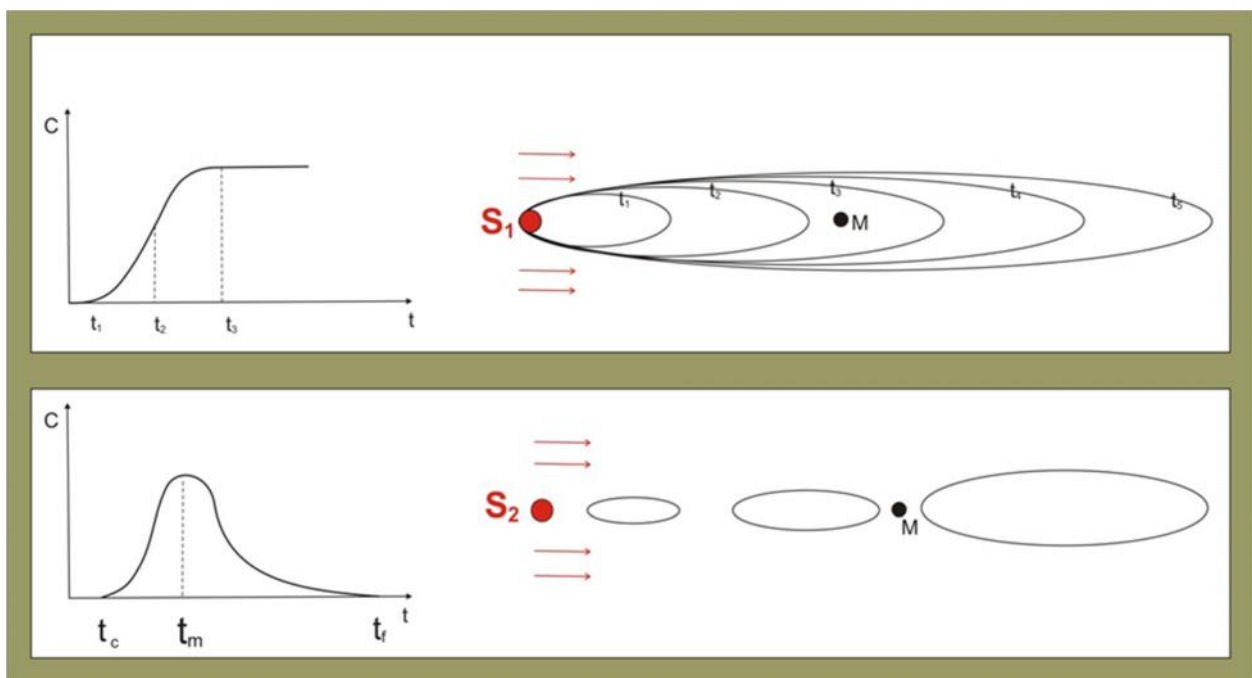


Fig. 4: modello di propagazione dell'inquinante in falda dovuto ad un evento continuo (S_1), istantaneo/intermittente (S_2). Il mezzo è assunto, in ambedue i casi, poroso ed isotropo. Rid. (Beretta, 1992; mod.)

Nel II° caso (S_2): l'immissione del contaminante avviene in maniera istantanea. Le isocone sono sempre allungate secondo le linee di flusso della falda ma non sono concentriche, poiché il quantitativo di contaminante immesso non è costante nel tempo (Beretta, 1992).

Dal grafico Concentrazione-Tempo [fig. 4] si vede che, nel I° caso, la concentrazione aumenta sino a stabilizzarsi dopo un certo intervallo di tempo (Δt), mentre, nel secondo caso, si ha un aumento progressivo della concentrazione sino a raggiungere un picco per poi decresce.

Tuttavia sulle modalità di propagazione di inquinanti idrosolubili/idrotrasportabili in falda, si possono fare delle considerazioni comuni che sono schematizzate in figura 5 (Beretta 1992):

- Solitamente la zona contaminata è individuabile nell'acquifero con forma conica (di angolo inferiore ai 10°) ed apice nel punto d'immissione dell'inquinante (S_i);
- Lungo la retta, passante per il punto d'immissione (S_i), la concentrazione diminuisce con il quadrato della distanza dall'apice;
- Le curve di isoconcentrazione hanno un appiattimento progressivo in ragione dell'aumento della distanza da (S_i);

Alla luce dei principi idrogeologici ed idrodinamici, qui brevemente richiamati, si comprende, agilmente, come lo spandimento sul suolo di prodotti inquinanti più o meno idrosolubili possa costituire un potenziale rischio per importanti matrici ambientali, quali il suolo/sottosuolo e le acque superficiali/sotterranee. Tra questi elementi a rischio, gli acquiferi superficiali sono i più esposti al pericolo di contaminazione, poiché

soggiacenti a modeste profondità rispetto agli strati superficiali di suolo che possono venire interessati da spandimenti di fertilizzanti, pesticidi, effluenti zootecnici e sversamenti (puntuali/diffusi) o di altre sostanze

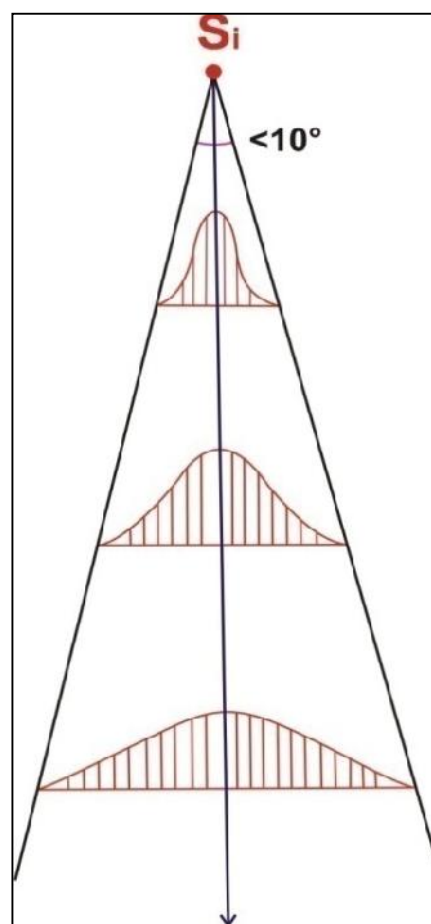


Fig. 5: Schematizzazione del cono di diffusione dell'inquinante in falda partendo da un punto d'immissione/sorgente(S_i) rid. (Beretta, 1992)

isola dagli acquiferi superficiali, sia dai potenti spessori di terreno che li separano dal piano campagna e che concorrono comunque a dissipare un eventuale contaminazione (capacità di attenuazione del suolo). Questa seppure semplice schematizzazione accomuna, in generale, tutte le più importanti pianure italiane, caratterizzate da sedimenti alluvionali marini e continentali di granulometria eterogenea che sono spesso sede di acquiferi multistrato di considerevole portata.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

A scala regionale la Piana di S. Eufemia Lamezia, ubicata nella Calabria centrale, ricade nel settore tirrenico del “Graben di Catanzaro”. Questa struttura tettonica, d’importanza regionale nel più ampio e complesso contesto geologico dell’Arco Calabro Peloritano (Amodio Morelli et al. 1976), separa il massiccio della Sila dalle Serre attraversando la Calabria centrale da Est a Ovest. Il graben, colmato da depositi plio-quadernari, è stato generato da faglie sub-verticali con direzione prevalente WNW – ESE con una componente di trascorrenza sinistra, che talvolta può diventare predominante (Gulla et al. 2005). Il bordo settentrionale del graben è individuato dalla faglia, d’importanza regionale, “Gizzeria – Nicastro – Pianopoli –Marcellinara” (Sorriso-Valvo e Tansi, 1996; Gulla et al. 2005), che, con andamento WNW-ESE, interessa il settore settentrionale dell’area di studio [fig. 6] ribassando, verso SSW, i sedimenti quadernari di riempimento della piana rispetto al dominio cristallino-metamorfico della Sila. Nel settore settentrionale dell’area di studio, a ridosso di Nicastro, Sambiasse ed oltre, la scarpata di faglia è in parte mascherata da conoidi di dimensioni rilevanti (Tortorici et al. 2002; Gulla et al. 2005). Questa struttura tettonica corrisponde ad un ampio tratto della più estesa faglia Lamezia-Catanzaro (Tansi et al. 2007) responsabile insieme ad altre importanti faglie, poste all’ esterno dell’area di studio, di fenomeni di tettonica transpressiva nella Calabria centro settentrionale (Tansi et al. 2007). Di contro il bordo meridionale del graben è stato generato da due faglie meno evidenti: la “Jacurso – Copanello” e la “Maida – Case San Fantino” (Sorriso-Valvo e Tansi 1996; Cuiuli 2004; Gulla et al. 2005), orientate WNW-ESE e ribassanti verso NNE, che segnano il limite tra i litotipi cristallini del massiccio delle Serre ed i depositi plio-quadernari che colmano il graben (Sorriso-Valvo e Tansi 1996; Cuiuli 2004; Gulla et al. 2005). Questa faglia caratterizza il settore meridionale dell’area di studio [fig. 6]. Un’altra importante struttura tettonica della piana è la

faglia del torrente “Zinnavo” che passa, con andamento WNW–ESE, lungo la costa in località Mortilla. Questa faglia che ribassa ulteriormente verso SSW i sedimenti quaternari di riempimento della piana è ben evidente sia perché disloca una conoide di deiezione, sia perché lungo la “scarpata di faglia” si sono impostate altre due nuove conoidi, più recenti, che testimoniano un “ringiovanimento della stessa (Tortorici et al. 2002; Gulla et al. 2005) [fig. 6]. Il settore meridionale dell'area di studio è ulteriormente caratterizzato dalla presenza di due faglie normali, afferenti al sistema orientato NNE–SSW e N-S (Tortorici et al. 2002; Gulla et al. 2005). La prima faglia è responsabile del sollevamento del terrazzo di S. Pietro Lametino mentre la seconda disloca quest' ultimo rispetto ai settori più interni della piana su cui sorgono gli abitati di S. Pietro a Maida e di Maida [fig. 6)] La maggiore evidenza morfologica dell'attività delle faglie descritte sono i tipici indicatori morfostrutturali quali terrazzi e scarpate morfologiche, faccette triangolari ecc. (Sorriso-Valvo e Tansi 1996; Tortorici et al. 2002; Cuiuli 2004; Gulla et al. 2005). Infine ulteriore testimonianza dell'intensa attività tettonica dell'area è la “finestra tettonica” presente, lungo il torrente Bagni in località Caronte, a monte dell'abitato di Lamezia Terme - Sambiasse, [fig. 6] in cui affiorano, rocce dolomitiche triassiche in un contesto geologico evidentemente più giovane. Quest'area è caratterizzata dalla presenza di emergenze sulfuree significative con sorgenti mesotermali di acqua: sulfurea- solfato-alcalino- terrosa-iodica-arsenicale che risalgono lungo le fratture che caratterizzano le rocce dolomitiche e dovute alle ingenti vicissitudini tettoniche subite. In particolare due importanti sorgenti “Caronte” e “S. Elia” captate (Terme Caronte) hanno una temperatura di circa 38 °C (misurata all'uscita della galleria drenante)

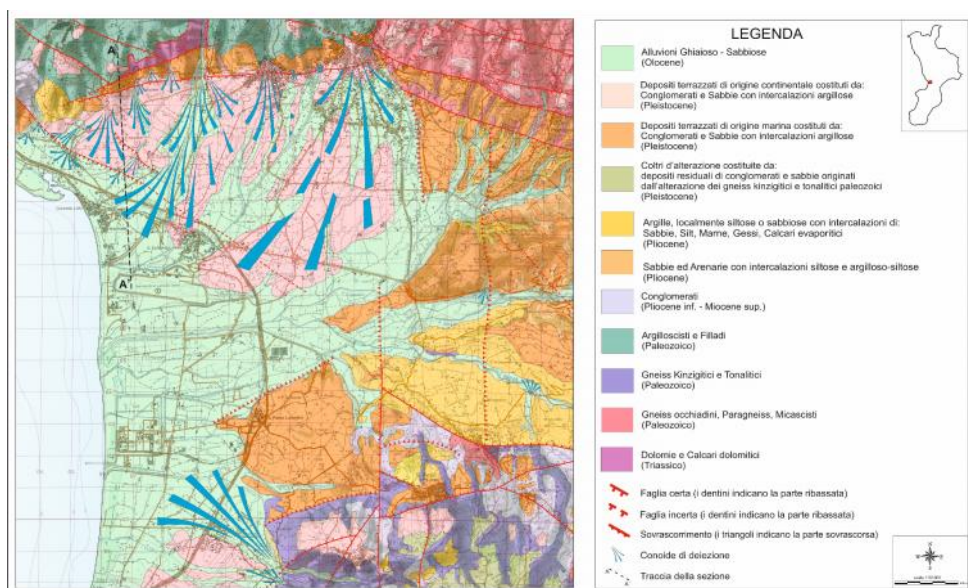


Fig. 6: Carta Litologica - Strutturale della Piana di S. E. Lamezia [Antronico et al. (2001), mod. e rid.] (Cuiuli, 2015)

I caratteri geologico – strutturali dell'area di studio sopra descritti sono stati rappresentati in figura 6, derivandoli dalla “Carta litologico-Strutturale e dei movimenti in massa della Stretta di Catanzaro” (Antronico et. al. 2001) da cui sono stati inoltre determinati i litotipi di seguito riportati.

Depositi Sedimentari

- Alluvioni Ghiaioso - Sabbiose (Olocene): questi litotipi sono costituiti da terreni di origine fluviale, da depositi di conoide e da sabbie eoliche.
- Depositi terrazzati (Pleistocene): sono costituiti da conglomerati e sabbie formati da ciottoli di rocce metamorfiche immersi in una matrice sabbiosa a grana grossa. Questi terreni, di origine continentale e marina, nell'insieme presentano una colorazione variabile tra il bruno ed il rossastro, un basso grado di consolidazione ed una permeabilità elevata.
- Coltri di alterazione (Pleistocene): depositi residuali di conglomerati e sabbie generati dall'alterazione dei gneiss kinzigitici e tonalitici paleozoici.
- Argille Siltose o Sabbiose (Pliocene): depositi argillosi di colore grigiastro con intercalazioni sabbiose, siltose e marnose, e lenti di gessi e calcari evaporitici. La permeabilità di questi litotipi, variabile in funzione delle percentuali d'argilla presenti, è generalmente bassa.
- Sabbie ed Arenarie (Pliocene): di colore grigio bruno hanno granulometria da media a fine; localmente presentano intercalazioni siltose ed argilloso – siltose. La permeabilità è elevata.
- Conglomerati (Pliocene inf. – Miocene sup.): questi litotipi sono costituiti da ciottoli di rocce metamorfiche arrotondati immersi in una matrice sabbiosa. Presentano una resistenza media all'erosione ed una permeabilità elevata.

Basamento Cristallino Metamorfico

- Argilloscisti e Filladi (Paleozoico): presentano, in generale, una colorazione grigiastra. Tali litotipi si presentano fratturati e piegati. Queste rocce che in affioramento si presentano fratturate e piegate con una colorazione grigiastra, se integre hanno una buona resistenza all'erosione ed una permeabilità bassa che cresce in funzione dell'aumento del grado di fratturazione.
- Gneiss Kinzigitici e Tonalitici (Paleozoico): questi litotipi si presentano in affioramento intensamente fratturati e alterati tanto da assumere talvolta l'aspetto di un sabbione grossolano. La resistenza all'erosione è bassa e la permeabilità elevata.
- Gneiss occhialini, Paragneiss, Micascisti (Paleozoico): queste rocce, in affioramento, si presentano spesso con alto grado di fratturazione e di alterazione. In generale tali litotipi hanno bassa resistenza all'erosione ed elevata permeabilità.

- Dolomie e Calcari dolomitici (Triass): di colore grigio chiaro, affiorano in “finestra tettonica” in località Caronte presentandosi fratturate e brecciate. Queste rocce sono caratterizzate da una resistenza all'erosione da moderata ad elevata e da un elevata permeabilità.

Dal punto di vista geomorfologico nell'intera Stretta di Catanzaro e quindi anche nell'area di studio, il motore principale delle dinamiche geomorfologiche è la tettonica. Infatti, lungo il bordo settentrionale del graben, a ridosso della piana di S. E. Lamezia, è evidente il generale motivo a gradinata dovuto al rigetto delle faglie sub-verticali che hanno dislocato i vari settori della piana. Procedendo da monte verso valle, la morfologia dell'area di studio può essere schematicamente sintetizzata secondo la sezione geologica semplificata di figura 2 orientata N-S.

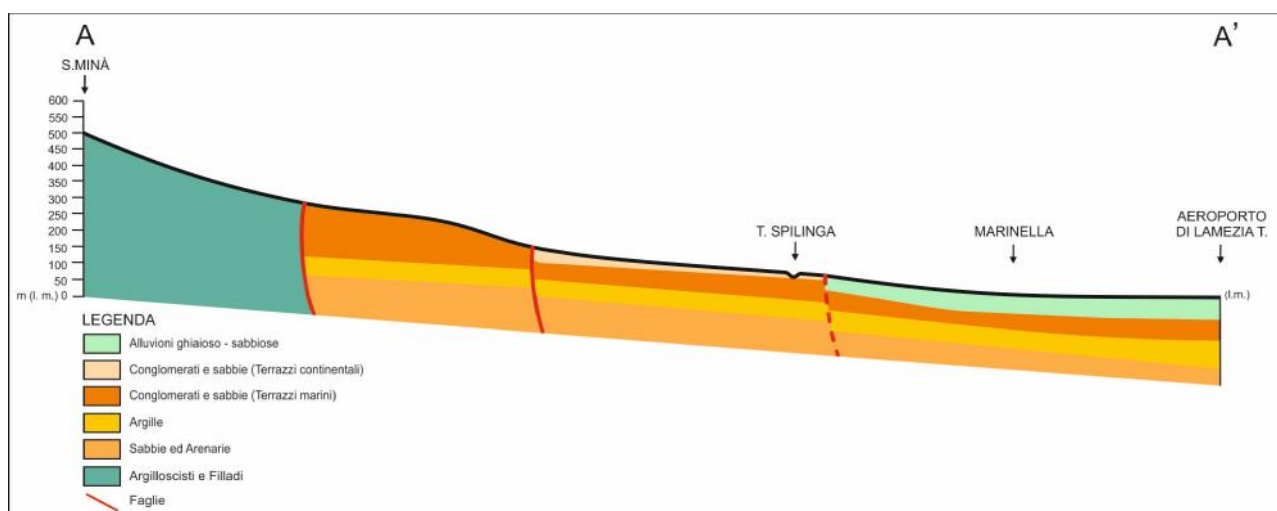


Fig. 7: Sezione geologica schematica della piana di S. Eufemia Lamezia (Cuiuli, 2015)

I rilievi montuosi della Sila degradano verso mare con superfici terrazzate d'origine marina, dislocate a varie altezze, dalle faglie presenti (Tortorici et al. 2002), per poi lasciar posto alle ampie ed estese conoidi che insistono in prossimità delle maggiori frazioni di Lamezia Terme (Nicastro, Sambiasi) ed oltre e che ricoprono i depositi terrazzati d'origine continentale. Successivamente si passa invece ai depositi alluvionali.

Dal punto di vista Idrogeologico, lo schema generale di circolazione idrica sotterranea, ricostruito in base ai dati disponibili, è articolato in:

- Un acquifero superficiale non confinato che ha sede nei depositi alluvionali, nel fondo valle e nei depositi sabbiosi costieri (Cas.Mez. 1978; PTA, 2009; Cuiuli 2012), caratterizzato da una piezometria compresa tra i 180 m e i 2,5 m dal livello del mare (Cuiuli, 2012).

b) Un acquifero intermedio in pressione, confinato al tetto ed al letto, che ha sede nei depositi Sabbioso - Arenacei pliocenici posti a profondità comprese i 160 m e i - 280 m circa dal livello del mare (Cuiuli, 2015).

c) Un acquifero profondo attestato a profondità maggiori (oltre i - 300 m di profondità dal livello del mare) su cui al momento si hanno pochi dati (PTA, 2009), di natura idrotermale come sembrerebbe da alcuni pozzi profondi ipotermali terebrati nella piana e dalla presenza di sorgenti mesotermali in località Caronte.

L'analisi e l'interpretazione dei dati stratigrafici hanno permesso di individuare le formazioni contenenti i due acquiferi [fig. 8]:

- I° complesso alluvionale e di conoide (conglomerati, ghiaie, sabbie)
- II° complesso sabbioso - arenaceo

I due acquiferi sono separati tra loro da un orizzonte Impermeabile argilloso limoso con lenti sabbiose.

La presenza di un orizzonte argilloso di confinamento al tetto dell'acquifero rende la falda in pressione (Cuiuli 2015). Tuttavia il grado di permeabilità delle argille può aumentare localmente, in funzione delle percentuali di sabbia e limo presenti, generando, in queste lenti, limitati fenomeni di drenanza tra i due acquiferi. Inoltre sono possibili collegamenti idraulici tra le falde per risalita d'acqua lungo le faglie presenti nell'area di studio. L'esistenza di interazioni, a piccola scala, tra la falda superficiale e quella intermedia è stata osservata anche da altri autori (Sappa e Bianchini 1999) attraverso l'utilizzo di metodi termo-conduttimetrici.

18

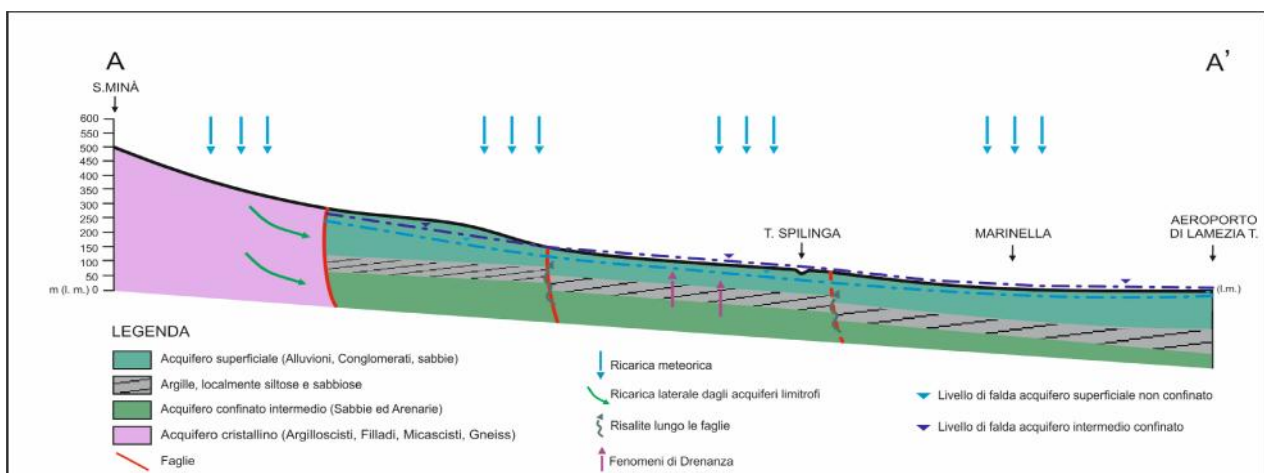


Fig. 8: Modello idrogeologico concettuale dell'area di studio (Cuiuli, 2015)

Per ciò che concerne l'alimentazione dell'acquifero quest'ultimo è alimentato con 3 secondo differenti meccanismi (Cuiuli E. 2015) [fig. 8]:

1. la ricarica zenitale delle acque meteoriche;
2. l'infiltrazione delle acque di ruscellamento che si infiltrano nei terreni permeabili di superficie ed alimentano direttamente l'acquifero superficiale trattenuti alla base dall'orizzonte argilloso.
3. la ricarica laterale da parte dei settori montani e collinari resi più permeabili dall'altro grado di alterazione e fratturazione.

In questo modo le acque filtrando attraverso le fratture, riescono a bypassare lo strato argilloso alimentando l'acquifero intermedio. Si suppone infatti che l'alimentazione di questa porzione dell'idrostruttura avvenga principalmente per ricarica laterale visto che il suo confinamento ne impedisce il travaso diretto delle acque meteoriche. Tuttavia una ridotta aliquota di alimentazione del corpo idrico sotterraneo è dovuta, alla ricarica meteorica che avviene in limitate porzioni di territorio ad est dell'area di studio ed oltre, dove le sabbie ed arenarie sono presenti in affioramento. Quanto descritto viene sintetizzato nel modello concettuale di circolazione idrica sotterranea di figura 8.

Dagli elementi estrapolati dalla banca dati meteoidrologica regionale ARPACal, disponibile in rete all'indirizzo <http://www.cfdcalabria.it>, è stato determinato l'andamento pluviometrico della piana, graficando il valor medio mensile delle piogge nel periodo di osservazione disponibile. In particolare per l'area di studio esistono i dati relativi alle stazioni termo-pluviometriche di S. Eufemia Lamezia, attiva dal 1932 al 2001, e di S. Eufemia Palazzo, attiva dal 2001 al 2015. Essendo queste due stazioni vicine tra loro i dati estrapolati sono stati graficati considerando un unico complessivo intervallo temporale: 1932 – 2015 [fig. 9]. Dall'andamento del grafico di figura 9 si evince che il regime pluviometrico dell'area di studio è contraddistinto da un massimo ed un minimo corrispondenti alle stagioni invernali ed estive. Infatti l'assetto climatico della regione presenta autunni ed inverni mediamente freddi ma piovosi ed estati calde con lunghi periodi siccitosi. Pertanto gli apporti meteorici, nella zona di studio, sono più abbondanti nei periodi piovosi dell'anno (Ottobre – Marzo) tendendo progressivamente a scemare sino a raggiungere periodi poco o per nulla piovosi nei mesi estivi (Luglio – Agosto). Quest'andamento pluviometrico, si riflette sui meccanismi di ricarica dell'acquifero. Si precisa che sulla variazione piezometrica estiva influiscono in generale, oltre alle cause naturali descritte, anche cause antropiche derivanti da un emungimento incontrollato dei pozzi, per uso agricolo e civile che risulta più intenso nei mesi estivi. Infatti la piana di S. Eufemia Lamezia è

caratterizzata dalla presenza di numerosi stabilimenti per attività produttive, un significativo numero di aziende agricole, florovivaistiche, e zootecniche in gran parte dotate di pozzi di emungimento ad uso irriguo/civile a cui si somma la presenza, lungo la costa di insediamenti turistici ed abitazioni private dotate anch'essi di pozzi ad uso irriguo.

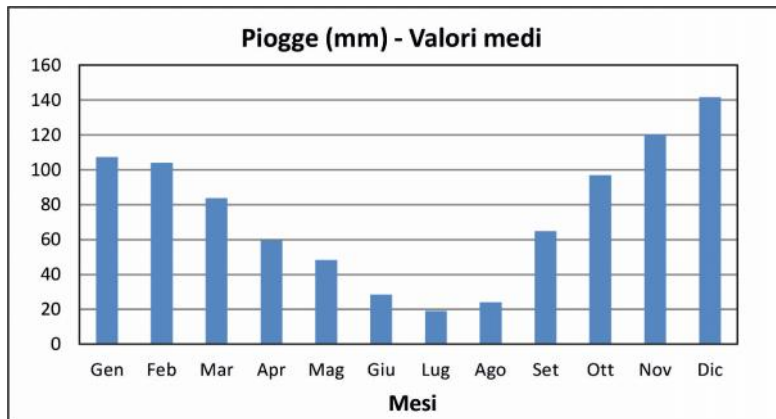


Fig. 13: Andamento pluviometrico area di studio. St. S. E. Lamezia (1932 – 2001) e Palazzo (2001 -2015) ARPACal – C. F. Multirischi – Banca dati meteoroidrologica

Piezometria e soggiacenza dell'acquifero superficiale

L'acquifero superficiale soggiace, nella piana di S. Eufemia Lamezia, a poca distanza dal piano campagna [fig.10]. La profondità della falda è variabile tra i 38,0 m dal piano campagna (p.c.) nelle aree più interne della piana ed 1,0 m dal p.c. lungo la costa. Quest'acquifero è caratterizzato da una piezometria [fig. 11] che evidenzia la presenza di un asse principale di drenaggio preferenziale ubicato grossomodo al centro della piana, in direzione E-W, che corrisponde all'incirca con l'alveo del Fiume Amato (Celico et al. 2007; Cuiuli 2012) ed altri assi di drenaggio minori nei settori settentrionali e meridionali della piana. L'analisi della morfologia piezometrica permette di definire lo schema di circolazione idrica sotterranea, dell'acquifero superficiale della Piana di S. Eufemia, contraddistinto da (Cuiuli, 2012):

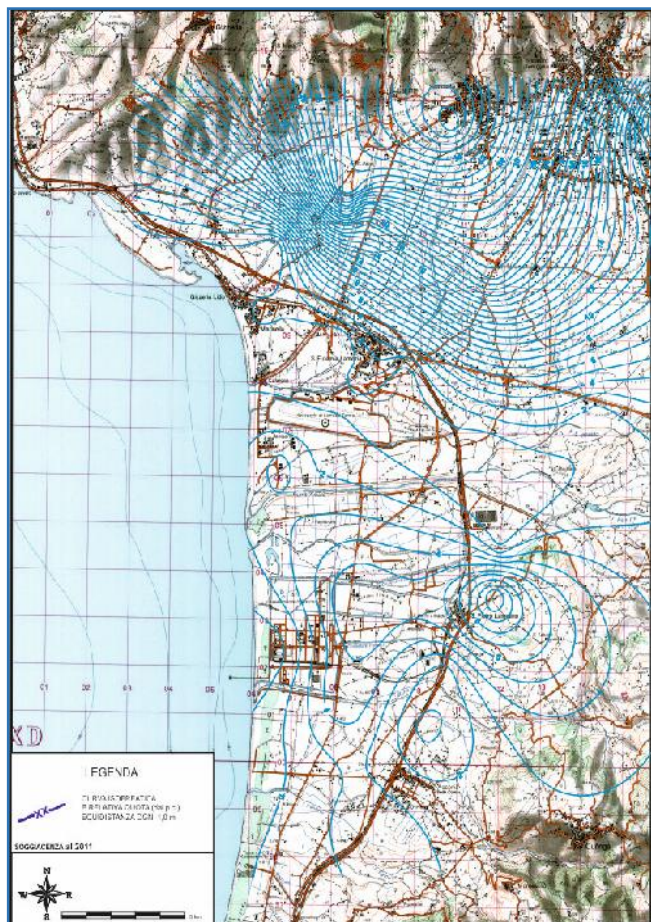


Fig. 10: Carta della Soggiacenza dell'acquifero superficiale della piana di S. E. Lamezia (Cuiuli 2013)

A) “Zone di ricarica” della falda localizzate, nelle aree più interne della piana, a ridosso dei primi rilievi collinari. Queste zone sono contraddistinte da un’alta densità di isofreatiche che evidenziano un ridotto percorso idraulico e si presentano concave verso l’alto. L’andamento della morfologia isopiezometrica suggerisce che in queste zone vi sia un alto gradiente idraulico (i). Essendo quest’ultimo, inversamente proporzionale alla Permeabilità (K) ed alla Trasmissività (T), queste aree sono caratterizzate anche da bassi valori di K e di T. In queste zone la falda è alimentata dai corsi d’acqua che solcano la piana. Le linee di flusso sono divergenti e tendono a confluire verso i principali assi di drenaggio preferenziali riconoscibili in carta.

B) “Zone di drenaggio” dell’acquifero, rappresentate da quelle aree, poste a valle delle “zone di ricarica”, ed ubicate nella fascia mediana e costiera della piana. Le “zone di ricarica” sono facilmente riconoscibili, in carta, poiché caratterizzate da una bassa densità di isofreatiche che evidenziano un aumento del percorso idraulico. In queste zone le isopieze si presentano concave verso il basso, le direzioni di

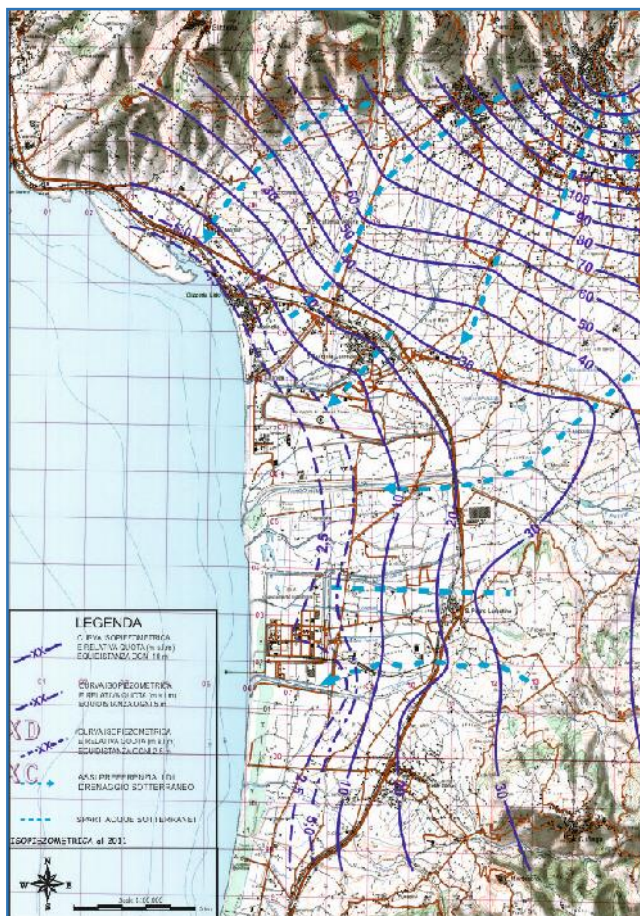


Fig. 11: Carta Piezometrica dell’acquifero superficiale della piana di S. E. Lamezia (Cuiuli 2012)

flusso tendono a convergere verso gli assi di drenaggio preferenziali posti al centro delle stesse e la falda alimenta i fiumi. Quest’andamento della morfologia isopiezometrica suggerisce che in queste zone vi sia un basso gradiente idraulico e quindi alta trasmissività ed alta permeabilità.

C) “Spartiacque sotterranei” e “Assi di drenaggio preferenziali” sono stati ricostruiti in base all’interpretazione della morfologia isopiezometrica e sono facilmente riconoscibili in carta. I primi, essendo orizzonti a flusso nullo, condizionano la circolazione idrica sotterranea; i secondi rappresentano le vie di scorrimento preferenziali dei flussi idrici sotterranei dividendo la piana in diversi settori a nord ed a sud rispetto al principale asse di scorrimento preferenziale.

In sintesi quindi l'andamento piezometrico dell'acquifero superficiale della piana suggerisce un modello di circolazione idrica sotterranea con zone di alimentazione nelle aree più interne e zone di drenaggio localizzate nella fascia mediana e costiera della piana (Cuiuli, 2012) con spartiacque e assi di drenaggio preferenziali che ne condizionano il flusso idrico sotterraneo.

Metodologia

Generalità

La carta della vulnerabilità integrata pone sul tematismo di base (vulnerabilità intrinseca) il layer dei Centri di Pericolo (es. Impianto trattamento rifiuti, P.ti vendita carburante, Allevamenti, Az. Agricole, ecc.) che possono avere impatti significativi sul acquifero i quali, a loro volta, possono essere amplificati dal contesto:

Geologico: litologia (indice di fatturazione, granulometria media/grossolana dei terreni tessitura), ridotto spessore dell'insaturo, infiltrazione, acclività della superficie topografica;

Idrogeologico: permeabilità, soggiacenza della falda, caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero;

Pertanto nell'ottica della conoscenza del territorio, propedeutica allo studio della falda, ed alla definizione dei potenziali scenari di rischio inquinamento e di protezione della risorsa è stata costruita la carta di vulnerabilità intrinseca utilizzando la procedura SINTACS del CNR – GNDCl. Successivamente sono stati censiti i CDP, i preventori e/o riduttori dell'inquinamento ed i principali soggetti ad inquinamento indicandone tipologia ed ubicazione. La carta derivata dall'interazione di questi elementi esprimere graficamente il concetto di vulnerabilità integrata che sottende l'interazione diretta tra vulnerabilità intrinseca di un acquifero all'inquinamento ed i CDP che insistono sul territorio studiato e quindi sul medesimo acquifero.

La carta di vulnerabilità integrata offre quindi una rappresentazione di immediata comprensione del rischio potenziale derivante da situazioni specifiche generate dal possibile impatto derivante da un attività antropica su un settore più o meno vulnerabile dell'acquifero studiato. Di seguito verrà descritto prima il tematismo di base (carta di vulnerabilità intrinseca) e la metodica impiegata per la sua costruzione e successivamente la carta di vulnerabilità integrata.

Carta della Vulnerabilità Intrinseca

La metodica impiegata per la costruzione della carta della vulnerabilità intrinseca di seguito presentata è il SINTACS (Civita e De Maio 2000; De Maio et al. 2001). Come è noto questo è un sistema parametrico di punteggi e pesi (PCSM) da attribuire ai 7 parametri da analizzare. Dalle iniziali di quest'ultimi trae origine l'acronimo SINTACS come di seguito specificato.

- Soggiacenza,
- Infiltrazione,
- Non saturo (effetto di autodepurazione del non saturo),
- Tipologia della copertura,
- Acquifero (caratteristiche idrogeologiche),
- Conducibilità idraulica dell'acquifero,
- Superficie topografica (acclività della superficie).

Per la redazione della carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale della piana di S. Eufemia Lamezia, quest'ultima è stata suddivisa secondo una maglia di elementi finiti quadrati (EFQ) coincidente con il reticolato chilometrico UTM del Foglio IGM 574 "Lamezia Terme" alla scala 1:50.000 (Nuova Ed.) in cui ricade interamente l'area studiata. Successivamente sono stati acquisiti i dati di base, di seguito descritti, per la definizione dei parametri SINTACS.

Soggiacenza: la determinazione di questo parametro, di grande importanza nel calcolo finale dell'indice SINTACS poiché influenza direttamente la vulnerabilità degli acquiferi, è stata effettuata facendo riferimento ai dati piezometrici rilevati nel periodo giugno – settembre 2017. Si è provveduto a censire ed a rilevare il livello statico della falda in numerosi pozzi (n. 40) della piana, al fine di ricostruire la soggiacenza e la piezometria dell'acquifero superficiale della Piana di S. Eufemia Lamezia. I dati ottenuti sono stati interpolati per la costruzione della carta piezometrica e della carta della soggiacenza qui riportata [fig. 11]. Ambedue gli elaborati cartografici sono stati realizzati utilizzando il Kriging come algoritmo di interpolazione. Dall'analisi della carta della soggiacenza [fig. 11] si osserva che tale parametro è variabile tra il settore settentrionale e quello meridionale della piana con valori maggiori nelle aree interne e valori progressivamente decrescenti man mano che ci si sposta verso la costa. In generale, nel settore settentrionale, la soggiacenza della falda varia tra i 38,00 m dal p. c. (nelle zone più interne), e 1,00 m dal p. c. (lungo il litorale) mentre nel settore meridionale della piana, questo parametro è variabile tra 10,00 m dal p. c. (nelle zone più interne) e 0,50 -1,00 m dal p. c. (lungo il litorale) [fig. 11].

Infiltrazione: la definizione di questo parametro è di basilare importanza nella stima della vulnerabilità poiché la migrazione degli inquinanti in profondità, la loro diluizione nell'insaturo e successivamente nella zona di saturazione sono funzione dell'infiltrazione. Detto parametro è stato stimato mediante l'elaborazione dei dati meteorologici (precipitazione e temperatura) della banca dati meteorologica regionale. In particolare sono stati adoperati i dati registrati dalle stazioni termopluviometriche di S. Eufemia Lamezia, e di S. Eufemia Palazzo, considerando un unico complessivo intervallo temporale: 1932 – 2015 (83 anni di misure termometriche e pluviometriche) disponibile in rete all'indirizzo: <http://www.cfd.calabria.it> dove sono indicati i valori di pioggia mensile, il totale annuo, i valori medi mensili ed annuali; le temperature medie mensili ed annuali. Nel range di valori reperito le precipitazioni, comprese tra un minimo di 349,00 mm/anno ed un massimo di 1.352,00 mm/anno, con un valor medio di 898,25 mm/anno, sono distribuite prevalentemente in autunno/inverno – primavera mentre le temperature medie sono invece comprese tra un minimo di 14,9 °C ed un massimo di 18,5 °C.

Il metodo di calcolo dell'infiltrazione efficace, nell'area di studio, è quello contenuto nella metodologia SINTACS che si basa sull'applicazione della tecnica, semplificata, del bilancio idrogeologico, applicando alle formule di calcolo il coefficiente correttivo (coeff. d'infiltrazione potenziale) proposto nella medesima metodologia (Civita 1994; Civita e De Maio 2000; De Maio et al. 2001). Le classi tessiturali relative ai terreni affioranti nell'area di studio, utilizzate per la determinazione dei valori del coefficiente di infiltrazione potenziale, sono le stesse descritte in seguito per la tipologia della copertura. La stima dell'evapotraspirazione, necessaria per il calcolo dell'infiltrazione efficace, è stata effettuata utilizzando la formula di Turc.

Non saturo (effetto di auto depurazione del non saturo):

nella zona insatura avviene la filtrazione dell'acqua principalmente verso il basso ovvero verso l'acquifero sottostante. In questa zona si esplicano fenomeni chimici e fisici che favoriscono i processi autodepurativi. La stima di tale parametro è stata effettuata attraverso la valutazione della litologia come previsto nella metodologia SINTACS. I litotipi costituenti, l'area d'esame, sono rappresentati nella carta litologica-strutturale [fig.6]. Quest'ultima è stata derivata dalla "Carta litologico-Strutturale e dei movimenti in massa della Stretta di Catanzaro" (Antronico et. al. 2001) da cui sono stati inoltre determinati i litotipi già descritti in precedenza.

Tipologia della copertura:

I suoli di copertura hanno un ruolo preponderante nel processo di mitigazione dell'impatto poiché esercitano una funzione di filtro delle sostanze che penetrano in profondità. La stima di questo parametro avviene attraverso la valutazione della tessitura del suolo.

Le informazioni sulle caratteristiche pedologiche dei suoli di copertura, desunte dalla Carta dei Suoli della Piana di S. Eufemia Lamezia (Bonofiglio et al. 1996) e della Calabria (Aramini et al. 2003), vengono di seguito brevemente descritte partendo dalla costa verso l'interno. Il settore della piana, corrispondente alla fascia litoranea, è costituito principalmente da sedimenti olocenici grossolani con suoli da moderatamente profondi a profondi caratterizzati da una tessitura grossolana- media (sabbiosa, sabbioso-franca, franca, franco-limoso). I depositi alluvionali e le conoidi recenti, ubicati nella fascia mediana della piana, a ridosso dei corsi d'acqua che insistono nell'area d'esame, sono invece caratterizzati da sedimenti a granulometria variabile. Queste aree sono ricoperte da suoli da moderatamente profondi a profondi con una tessitura da grossolana a moderatamente fine (franco sabbiosa, franca, franco-limoso). Infine le aree interne, costituite da terrazzi e conoidi antiche (conglomerati, arenarie e sabbie), sono caratterizzate da suoli da moderatamente profondi a profondi con tessitura da grossolana a fine (franco-sabbiosa, franco, franco-argillosa). In generale l'approccio seguito è stato quello di confrontare le informazioni ricavate dalle cartografie pedologiche disponibili con il grafico sulle caratteristiche tessiturali dei suoli e relativi punteggi riportato in SINTACS. Ad ognuno dei suoli di copertura è stato attribuito un punteggio cercando il valore più soddisfacente, all'interno degli intervalli riportati nel grafico stesso, ed assegnando ad ogni cella il punteggio più appropriato.

Acquifero (caratteristiche idrogeologiche):

Questo parametro include la valutazione di tutti quei processi che avvengono nella zona satura e che possono influenzare il moto di un inquinante idroveicolato. Per eseguire la stima di questo parametro, in primo luogo, è stata determinata la natura dell'acquifero partendo dall'assetto litologico dell'area di studio [fig. 6]. Successivamente, tenendo conto della schema di circolazione idrica sotterranea già descritto in precedenza Cuiuli (2012; 2015), è stato utilizzato il grafico SINTACS in cui sono riportati i principali litotipi costituenti gli acquiferi (complessi idrogeologici) ed il relativo punteggio. Anche in questo caso per la valutazione del parametro è stato

cercato il valore più soddisfacente all'interno degli intervalli riportati nel grafico stesso tenendo conto dei criteri discriminanti sopra evidenziati.

Conducibilità idraulica dell'acquifero:

La conducibilità idraulica dell'acquifero rappresenta la propensione dell'acqua sotterranea e quindi di un inquinante idrosolubile e/o idroveicolato, a muoversi più o meno velocemente nella zona satura. In mancanza di dati diretti di campagna SINTACS offre una modalità d'approccio indiretto per la stima di questo parametro utilizzando due grafici differenti, uno per la valutazione della conducibilità dei complessi idrogeologici ed un altro per la valutazione della conducibilità idraulica e relativo punteggio. Poiché, non erano disponibili dati rilevati in maniera diretta, la stima di questo parametro è stata effettuata, in maniera indiretta, partendo dalla litologia dell'acquifero studiato, definendo la natura del complesso idrogeologico. Nell'area d'esame i valori di conducibilità idraulica sono compresi mediamente tra 10^{-3} m/s e 10^{-6} m/s.

Superficie topografica (acclività della superficie):

il parametro valuta l'acclività della zona di studio poiché la pendenza della superficie topografica favorisce il ruscellamento delle acque superficiali ed influisce sulla velocità di scorrimento delle stesse (e quindi di un inquinante fluido).

L'acclività della superficie topografica è stata determinata ricostruendo la carta delle pendenze dal DEM (Digital Elevation Model) della Calabria attraverso l'ausilio di un GIS open source (Q-GIS). Per lo sviluppo della carta delle pendenze sono state stabilite classi percentuali di acclività (comprese tra 0% e 30%) come previsto dalla metodologia SINTACS per tale parametro.

Nell'area di studio le pendenze (%) sono mediamente comprese: nei settori interni della piana (a ridosso dei primi rilievi collinari) tra il 30% ed il 20%, nei settori intermedi tra il 20% ed il 5% e nelle aree corrispondenti alla fascia litoranea tra 5% e lo 0%.

Calcolo dell'Indice di vulnerabilità SINTACS:

Dopo aver attribuito il punteggio ai 7 parametri di base per ogni cella, è stato calcolato l'indice SINTACS, assegnando ad ognuna di esse un grado di vulnerabilità. Questa operazione è stata effettuata mediante l'ausilio di un foglio di calcolo di Microsoft Excel, attribuendo ad ogni cella un numero identificativo e costruendo per ognuna di esse una matrice di 7 colonne (corrispondenti ai 7 parametri SINTACS ed indicizzate con le stesse lettere) e 3 righe relative rispettivamente: al punteggio attribuito ad ogni parametro, al peso corrispondente (nella stringa impatto ordinario), al prodotto del punteggio per il peso (per ognuno dei 7 parametri). Ogni matrice, così

realizzata, afferisce ad una delle celle (EFQ) con cui è stata discretizzata l'area. Pertanto per ognuna di esse è stato calcolato l'Indice di Vulnerabilità Intrinseca SINTACS effettuando la sommatoria dei prodotti (punteggio x peso) di ognuno dei 7 parametri come previsto dalla procedura stessa.

$$I(SINTACS) = \sum_{i=1}^n P_i W_i$$

Esplicitando i termini: [Pi]= punteggio di ciascuno dei 7 parametri; [Wi]= peso della stringa scelta (crescente in funzione del contributo che fornisce alla vulnerabilità).

Il calcolo dell'Indice SINTACS, mediante la sommatoria sopraindicata, permette di ottenere un valore numerico (da 26 a 260). Quest'intervallo di valori è stato suddiviso, secondo la metodica utilizzata, in 6 gradi di vulnerabilità. Pertanto applicando la sommatoria, sopra riportata, per ogni EFQ, in cui è stata discretizzata l'area di studio, si ottiene l'indice di vulnerabilità intrinseca per ogni elemento finito.

Per la definizione del peso da attribuire ai 7 parametri, calcolati per ogni singola cella, è stata utilizzata la stringa di pesi Impatto normale (Civita 1994; Civita e De Maio 2000; De Maio et al. 2001). Tale stringa include tutti quei casi in cui le zone di studio sono caratterizzate da ridotto gradiente topografico, con un insaturo composto principalmente da rocce a permeabilità matriciale. Questa stringa esalta al massimo il peso relativo alla soggiacenza ed all'insaturo, strettamente collegati all'effettiva penetrabilità del sistema da parte di un inquinante liquido (Civita e De Maio 2000; De Maio et al. 2001). Queste caratteristiche sono analoghe a quelle della Piana di S.E.Lamezia. Pertanto l'applicazione all'area di studio della metodologia SINTACS descritta in precedenza si è concretizzata con la Carta della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento dell'acquifero superficiale della piana di S. Eufemia Lamezia che ha evidenziato una situazione assai articolata nel territorio studiato dove sono presenti aree caratterizzate da un grado di vulnerabilità che varia da medio a molto elevato, passando per i gradi intermedi, man mano che ci si sposta dalle zone più interne della piana verso la costa.

- Zone a vulnerabilità media: localizzate nelle aree interne della piana in corrispondenza dei terrazzi e dei depositi di conoide ed in particolare:
 - a. l'area che si estende, nel settore nord della piana, dagli abitati di Nicastro e Sambiasse sino grossomodo all'abitato di S. Eufemia ed all'aeroporto e che comprende depositi terrazzati d'origine continentale e depositi di conoide [fig. 6]. Questi litotipi sono costituiti da ciottoli di rocce metamorfiche con pezzatura

eterogenea, mal classati e immersi in una matrice limoso sabbiosa. In questa zona della piana la soggiacenza della falda varia da valori superiori ai 30,00 m dal p. c. (in prossimità dei rilievi collinari) sino a valori compresi tra i 5,00 m ed i 10,00 m circa dal p.c. nelle zone di valle [fig.10].

- b. L'area a ridosso dell'abitato di S. Pietro Lametino, nel settore sud della Carta, contraddistinta da depositi conglomeratici di terrazzo marino [fig.6] del tutto analoghi, litologicamente, a quelli descritti in precedenza. In questa zona la soggiacenza della falda è compresa tra i 4,00 m e i 10,00 m circa dal p.c [fig.10].
- c. L'area in corrispondenza della località Stretto (settore centrale della Carta) che rappresenta la propaggine di una più ampia superficie terrazzata [fig.6] litologicamente non dissimile dalle precedenti.
- Zone a vulnerabilità alta: ubicata in posizione mediana tra l' hinterland della piana e la costa, si estende grossomodo dal F. Amato sino all'estremo meridionale della carta. La litologia di questa porzione della piana è rappresentata da terreni alluvionali nei quali prevalgono i termini sabbiosi rispetto a quelli ghiaiosi e limosi [fig.6]. La soggiacenza della falda varia tra 1,00 m e 5,00 m dal p.c. [fig.10].
- Zone a vulnerabilità elevata:
 - I. Rappresentata da un'estesa fascia si snoda lungo tutta la costa. Trattasi anche in questo caso di depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi [fig.6] dove però la falda è attestata a profondità molto ridotta dal p. c. (da un min di 1,00 m ad un max di 5,00 m; [fig.10].
 - II. Nel settore centrale, esiste una seconda area a vulnerabilità elevata di estensione ridotta rispetto alla precedente che è caratterizzata da terreni alluvionali ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi. Qui la falda è attestata tra gli 1,00 m ed i 7,00 m circa dal p. c. [fig.10].
- Zone a vulnerabilità molto elevata: estesa fascia allungata, a ridosso del litorale, dall'estremo nord all'estremo sud dell'area di studio. Qui si trovano depositi alluvionali, sabbie eoliche ed ampi tratti dell'antico cordone dunare [fig.6] con falda sub affiorante (da un minimo di 0,50 m - 1,00 m ad un massimo di 2,00 m dal p.c.) [fig.10].

Carta della Vulnerabilità Integrata

Nella definizione del quadro conoscitivo del progetto sono stati censiti per tipologia ed ubicazione: i produttori reali e potenziali d'inquinamento (CdP), i potenziali ingestori e viacoli d'inquinamento degli acquiferi, i preventori e/o riduttori dell'inquinamento, i principali soggetti ad inquinamento che insistono sulla Piana di S.E. Lamezia. Mediante

la sovrapposizione di questi elementi sulla carta di vulnerabilità intrinseca è stata restituita la carta di vulnerabilità integrata che ha il pregio di fornire una lettura immediata in termini di vulnerabilità dell'acquifero e della tipologia di rischio potenziale derivante dall'interazione dei centri di pericolo con le caratteristiche intrinseche dell'area di studio.

La carta di vulnerabilità integrata dell' acquifero all'inquinamento infatti ha lo scopo di fornire informazioni immediate circa:

- a. la conoscenza del territorio studiato propedeutica alle finalità di progetto;
- b. il diverso grado di vulnerabilità del acquifero;
- c. la natura del rischio potenziale in funzione della tipologia delle attività antropiche censite;
- d. supporto agli strumenti di pianificazione per garantire un adeguato livello di protezione dei corpi idrici sotterranei.

La metodologia applicata (metodo CNR – GNDCI) è fondata sull'assunzione che il rischio d'inquinamento (vulnerabilità integrata) sia il risultato della valutazione simultanea di due elementi: la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero all'inquinamento, la presenza e la tipologia delle attività antropiche sul territorio studiato (CdP). Questa cartografia è una sintesi, espressa in termini qualitativi dei caratteri idrogeologici del territorio studiato e dei centri di pericolo presenti, che territorializza le tipologie d'inquinanti in ragione delle attività antropiche insistenti sulla piana e la predisposizione dell'acquifero ad ingerire e disperdere un inquinante idrosolubile/idroveicolato nell'ambiente. In particolare sono stati cartografati, in accordo con la legenda delle carte di vulnerabilità integrata (Civita 1994; Civita e De Maio 2000; De Maio et al. 2001):

- I produttori reali e potenziali d'inquinamento o Centri di Pericolo: sono tutte quelle attività antropiche (agricole, industriali, commerciali) che possono avere impatti significativi sul territorio e determinare un potenziale rischio d'inquinamento per l'acquifero studiato. Pertanto, in accordo con la metodica applicata, sono state censite e classificate le singole attività in base alle lavorazioni effettuate ed al tipo di rifiuto o scarico prodotto (organico biodegradabile, organico difficilmente biodegradabile, inorganico). Inoltre è stata censita l'ex discarica comunale (non controllata) di località Bagni, gli allevamenti di bestiame, le coltivazioni (intensive ed in serra), i frantoi oleari. Altra fonte di inquinamento potenziale sono gli insediamenti urbani che di per se costituiscono un aggregato di CdP, con un impatto potenziale sulle matrici ambientali in generale e sulle acque sotterranee in particolare, tanto più alto quanto maggiore è la concentrazione di abitanti e la

tipologia dei CdP esistenti (es. numero punti vendita carburante). Pertanto sono stati riportati in carta anche, l'ospedale, i cimiteri, il campo ROM (Scordovillo), il mattatoio, la stazione ferroviaria, l'aeroporto, le vie di comunicazione, i punti vendita carburante, le officine meccaniche, in accordo con la procedura utilizzata.

- I potenziali ingestori e viacoli di inquinamento degli acquiferi sotterranei: sono quegli elementi che interagendo con le caratteristiche intrinseche del territorio ne amplificano la vulnerabilità intrinseca poiché generano un aumento della velocità d'infiltrazione degli inquinanti idrosolubili e/o idroveicolati riducendo sensibilmente la capacità autodepurativa del terreno (cave pozzi abbandonati).
- I preventori e/o riduttori di inquinamento: sono quelle attività che gestiscono o trasformano i rifiuti (discarica controllata, depuratore, impianti trattamento RSU ed RS).
- I principali soggetti ad inquinamento: sono quegli elementi che risentirebbero maggiormente di un eventuale contaminazione dovuta alla diffusione di un inquinante (pozzi e campi pozzi ad uso idropotabile, pozzi ad uso agricolo, sorgenti).

Nel dettaglio il lavoro è stato articolato in:

1. Ricerca ed acquisizione dati di base – costruzione carta vulnerabilità intrinseca;
2. Censimento dei Centri di pericolo, in base alle banche dati disponibili;
3. Analisi di situazioni specifiche esistenti all'interno della piana;
4. Restituzione della “Carta di vulnerabilità intrinseca all'inquinamento dell'acquifero superficiale della Piana di S. E. Lamezia”.

Pertanto nell'area di studio è stato realizzato un censimento dei Centri di pericolo al fine di evidenziare in termini qualitativi i possibili effetti e gli impatti potenziali generati dagli stressi sull'acquifero superficiale soggiacente nella piana.

In generale nei decenni successivi alla bonifica della piana, realizzata alla fine degli anni 20, si è verificato un significativo sviluppo, spesso abusivo ed incontrollato, delle aree antropizzate con l'espansione dei centri abitati di Nicastro, Sambiasse e S. Eufemia (oggi Lamezia Terme) di Gizzera Lido, di Curinga e di S. Pietro Lametino e con la crescita di nuovi agglomerati (ad esempio C.da Mortilla), di insediamenti turistici lungo la costa, di numerose case sparse.

In particolare gli insediamenti antropici principali (Nicastro, Sambiasse, Curinga) si sono sviluppati a ridosso delle principali aree di ricarica dell'acquifero [fig. 11] mentre i nuovi agglomerati urbani, gli insediamenti turistici e le case sparse si sono sviluppati nelle zone di espansione della piana ovvero verso il litorale in corrispondenza delle aree di drenaggio [fig. 11]. Quest'urbanizzazione incontrollata ha portato tra l'altro

alla realizzazione di numerosi pozzi idrici, principalmente ad uso irriguo e industriale spesso non dichiarati di cui non si conoscono la profondità le stratigrafie, e le caratteristiche costruttive e pertanto possono costituire vie preferenziali di potenziale contaminazione sia per l'acquifero superficiale che per quello profondo (cross - contamination).

Altra potenziale fonte d'inquinamento è rappresentata dalle attività agricole (serre, vivaia, frantoi oleari, piccole coltivazioni) concentrati principalmente nella fascia mediana della piana caratterizzata da un grado di vulnerabilità elevato.

Le attività zootecniche (Bovini, Suini, Ovicaprini ed Equini) sono distribuite in maniera più omogenea sull'intera piana che è caratterizzata da un grado di vulnerabilità variabile da medio a molto elevato, passando per i gradi intermedi, spostandosi dalle zone più interne verso la costa.

In carta sono stati anche riportati i pozzi ad uso agricolo, industriale ed idropotabile censiti nel catasto pozzi dell'ex provincia di Catanzaro e quelli disponibili presso ISPRA (L.464/84). In merito alla distribuzione dei Centri di pericolo l'attenzione va posta, in primo luogo, sulle zone della piana situate a valle del F. Amato (che divide schematicamente l'area di studio in due settori) dove insistono l'area industriale/artigianale di Lamezia Terme-S. Pietro Lametino nonché le zone a maggiore vocazione agricola (serre e vivaia) e zootecnica. In particolare il settore meridionale della piana è costituito, nell' hinterland da sedimenti alluvionali di origine continentale e marini lungo la costa, ad eccezione di depositi terrazzati d'origine continentale nelle aree a ridosso dell'abitato di S. Pietro Lametino [fig. 6]. La soggiacenza della falda [fig. 10] è variabile da un massimo di 10,00 m dal p.c., nelle zone più interne, e precisamente presso l'abitato di S. Pietro Lametino, sino ad 1,00 m dal p.c., lungo la costa in corrispondenza della zona industriale (Z.I.). Quest'ultima ricade in aree a vulnerabilità alta, elevata e molto elevata e ciò rende evidente il potenziale pericolo di inquinamento per le locali acque sotterranee. Inoltre in questo settore della piana insistono anche numerose aziende agricole a coltura intensiva, florovivaistiche e zootecniche che ricadono principalmente nell'area a vulnerabilità alta. Queste attività unitamente alla presenza, lungo la costa, di insediamenti turistici ed abitazioni private pongono in risalto un potenziale scenario di rischio inquinamento per l'acquifero superficiale della piana di S. Eufemia Lamezia. Per ciò che concerne invece il settore settentrionale della piana questi è costituito da sedimenti alluvionali, lungo la costa, e depositi terrazzati d'origine continentale e depositi di conoide nell'hinterland [fig. 6]; la soggiacenza della falda [fig. 10] è variabile da un massimo di 38,00 m dal p.c., nelle zone più interne, e precisamente presso l'abitato di Sambiasse, sino ad 1,00 m dal p.c., a valle dell'abitato di S. Eufemia

Lamezia e di Gizzeria Lido. Questo settore, rispetto al precedente, è caratterizzato da attività agricole differenti (uliveti, agrumeti, seminativi ecc.) praticate nelle aree a vulnerabilità alta, elevata e molto elevata ed anche a valle degli abitati di Nicastro e Sambiase, all'interno dell'area classificata a vulnerabilità media. Inoltre anche il settore nord della piana è caratterizzato dalla presenza, lungo la costa, di insediamenti turistici ed abitazioni private. Tutte queste attività concorrono, anche in questo caso, a delineare un potenziale scenario di rischio d' inquinamento per l'acquifero superficiale della piana di S. Eufemia che tuttavia appare leggermente meno preoccupante del settore sud in ragione della distribuzione e della tipologia dei CdP esistenti in questo settore.

Inoltre lungo la costa, a completamento degli interventi di bonifica, il Consorzio realizzò una fascia boschiva, pressoché continua lungo la costa, resistente alla salsedine e costituita da pini, eucalipti ed acacie, allo scopo di intercettare le correnti aeree e fissare le dune dell'arenile.

In tutta questa fascia furono realizzati numerosi pozzi ad anello, attestati nell'acquifero superficiale, oggi abbandonati che rappresentano potenziali ingestori, poiché costituiscono una via di migrazione diretta di eventuali inquinanti in falda. Attualmente questi pozzi sono per lo più ostruiti da materiali di vario



Fig. 13: Alcuni dei pozzi abbandonati rinvenuti durante i sopralluoghi all'interno della fascia frangivento.

genere e nei casi più gravi utilizzati per lo smaltimento abusivo di rifiuti [fig.13].

Nel quadro complessivo della carta di vulnerabilità integrata, la distribuzione dei centri di pericolo e degli insediamenti antropici censiti, sovrapposti alla vulnerabilità intrinseca del territorio conferma lo scenario generale di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento per l'Italia peninsulare proposto dal GNCI – CNR e riportato schematicamente in figura 1 (Civita,1992). Questo scenario è contraddistinto da un'alta densità abitativa nella zone pianeggianti costiere ed intramontane.

In questo quadro l'approvvigionamento idrico, degli insediamenti vallivi, avviene attraverso una struttura idrogeologica che come già descritto in precedenza è contraddistinta da:

- “Zone di ricarica” della falda localizzate, nelle aree più interne della piana, a ridosso dei primi rilievi collinari. Queste zone sono contraddistinte da un alto gradiente idraulico e da ridotti valori di K e di T. In queste zone la falda è alimentata dai corsi d’acqua che solcano la piana.
- “Zone di drenaggio” dell’acquifero, rappresentate da quelle aree, poste a valle delle “zone di ricarica”, ed ubicate nella fascia mediana e costiera della piana. Queste zone sono caratterizzate da basso gradiente idraulico ed alti valori di T e K.

Pertanto le zone di ricarica essendo zone più interne sono poco soggette alla pressione antropica e all’inquinamento che da essa deriva contrariamente alle zone di drenaggio ubicate nella fascia mediana e costiera della piana. In questo caso, la risorsa idrica ha generalmente standard di qualità elevati (Vedi PTA) mentre risulta più sfruttata nei settori mediani e costieri dove si registra un maggior carico antropico. Pertanto nelle zone vallive si ha un rischio maggiore che possano verificarsi potenziali episodi d’inquinamento puntuale e/o diffuso come schematizzato in figura 1.

Analisi di situazioni specifiche esistenti all'interno della piana

Vengono di seguito descritte alcune realtà esistenti nella piana che, per loro caratteristiche, rappresentano potenziali situazioni di rischio in relazione alla vulnerabilità dell’acquifero all’inquinamento.

Campo Rom Scordovillo:

Il campo ROM è ubicato, nella prima periferia dell’abitato di Lamezia Terme –Nicastro – loc. Scordovillo in una zona sub pianeggiante, posta ad una quota compresa tra i 158,0 ed i 164,0 metri circa sul livello del mare, limitata a Nord dal rilevato ferroviario a Sud dall’Ospedale civile, ad Ovest dal Fosso Fella ad Est da via dei Bizantini.

Le coordinate geografiche medie sono: N: 38° 57’ 46,63 ” - E: 16° 18’ 15,36” (WGS 84).



Figura14: foto Aerea del campo ROM “Scordovillo” di Lamezia Terme

L'accampamento vero e proprio, dove insistono le baracche ed i container abitati dai nomadi, insiste su un'area quasi interamente pavimentata, tuttavia alcune porzioni del campo ROM sono prive di pavimentazione ed in stato di visibile degrado ambientale ed in generale in precarie condizioni igienico sanitarie [fig. 14].

- La Zona 1, adiacente all' Ospedale Civile, non è in alcun modo pavimentata ed i rifiuti, spesso presenti, risultano abbandonati direttamente sul suolo naturale. Pertanto i liquidi provenienti dalla decomposizione delle frazioni organiche e dalla circolazione delle acque meteoriche attraverso la massa dei rifiuti, tendono ad concentrarsi negli avvallamenti naturali del terreno formando piccoli ristagni maleodoranti [fig. 16].
- La Zona 2, rappresentata essenzialmente dalla strada asfaltata e dal terrazzo a monte della stessa (entrambi ubicati a ridosso del rilevato ferroviario), è anch'essa contraddistinta spesso dalla presenza di rifiuti indifferenziati abbandonati su nudo terreno ed in cui si riscontrano criticità analoghe a quelle descritte per la zona 1.

Questa situazione di rischio potenziale che caratterizza il campo ROM e le aree adiacenti (Zona 1,2) risulta amplificata dalle condizioni geologiche ed idrogeologiche presenti nell'area che, nell'insieme, conferiscono al sottosuolo un grado di vulnerabilità medio dovuto principalmente alla permeabilità, generalmente alta, dei litotipi affioranti (depositi alluvionali di conoide) con una falda soggiacente in media a 25 m dal p.c. [fig. 10]. Da un punto di vista geologico l'area occupa la porzione centrale della conoide del Torrente Piazza ed è caratterizzata dalla presenza di terreni sedimentari a granulometria variabile che affiorano in tutta l'area. La geologia dell'area [fig. 15] è stata desunta da cartografie e studi eseguiti a vario titolo nella piana e

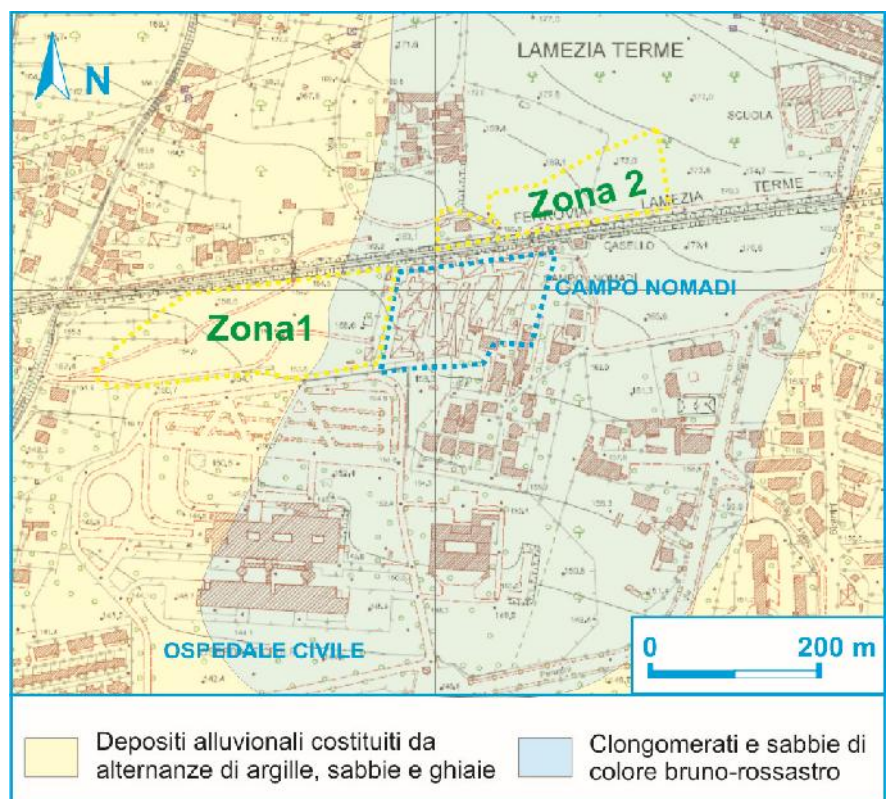


Figura 15: Carta litologica dell'area di studio

da alcuni sondaggi effettuati dal comune di Lamezia Terme, nella zona 2, per un PdC eseguito ai sensi dell'ex D.M.471/99.

Zona 1: si estende in gran parte su depositi alluvionali costituiti dall'alternanza di argille, sabbie e ghiaie ed in misura minore su Conglomerati e Sabbie di colore bruno-rossastro composti da ciottoli di dimensioni variabili di rocce metamorfiche. In generale questi depositi sono poco consolidati e facilmente disaggregabili. La permeabilità è elevata.

Zona 2 e Campo Nomadi: Si estendono interamente su Conglomerati e Sabbie bruno rossastre composte da ciottoli di dimensioni variabili di rocce metamorfiche. Questi depositi sono poco consolidati e facilmente disaggregabili. La permeabilità è elevata.

Tale situazione di estremo degrado ambientale, che tra l'altro si attesta a pochi metri dal complesso ospedaliero di Lamezia Terme è la conseguenza di una situazione storica di deterioramento delle condizioni dell'area. Infatti, già nel 2001, il Comune di Lamezia Terme individuava l'area a Nord del campo nomadi in località



Figura 16: Visibile ristagno d'acqua della zona 1 con alcuni rifiuti abbandonati ed il complesso ospedaliero sullo sfondo.

“Scordovillo” (Zona 2) come “discarica abusiva di rifiuti speciali” e definiva il sito: “potenzialmente inquinato”. Come conseguenza fu realizzato un “Piano di investigazione e caratterizzazione del sito” che prevedeva una campagna di campionamenti secondo i criteri dell'ex D.M. n° 471/99 al fine di verificare i potenziali elementi inquinanti presenti nell'area. Le analisi eseguite, durante le attività di caratterizzazione, hanno evidenziato, nei terreni, dei superamenti dei limiti tabellari (ex DM 471/99) relativamente ai parametri piombo, rame, zinco e oli minerali (idrocarburi C>12), i cui limiti, per i siti ad uso verde, pubblico e residenziale, sono rispettivamente: 100, 120,150, 50 mg/kg (tab. 1 colonna A - ex DM 471/99).

Negli anni seguenti inoltre si è avuta nell'area una recrudescenza del fenomeno di degrado ambientale. Pertanto, nel complesso si ravvisano, presso il campo ROM di Scordovillo e nelle aree adiacenti, criticità ambientali che minacciano le diverse matrici

potenzialmente coinvolte, con particolare riferimento ai liquami provenienti dalla decomposizione delle frazioni organiche e dalla circolazione delle acque meteoriche attraverso la massa dei rifiuti che infiltrandosi nei terreni di sedime, costituiscono un possibile rischio per il suolo/sottosuolo e l'acquifero sottostante.

Ex Discarica Comunale di Lamezia Terme

L'ex discarica comunale, ubicata in località Bagni [fig. 17], è stata attiva sino all'incirca la metà degli anni '90 ed era destinata al conferimento dei Rifiuti Urbani del Comune di Lamezia Terme. L'ex Discarica comunale è stata inserita nel Piano delle Bonifiche contenuto nel più ampio Piano di Gestione dei Rifiuti della Regione Calabria (DGR 815/2001) quale sito definito ad Alto Rischio. Tale

intervento si è reso necessario poiché la discarica era priva dei presidi ambientali (telo di impermeabilizzazione del fondo e dei fianchi della discarica, sistema di raccolta del percolato, piezometri ecc.) e quindi potenzialmente pericolose per la salute umana e per l'ambiente.

La caratterizzazione ambientale del sito ha seguito l'iter normativo previsto dall'art. 242 D.lgs.152/06 e s.m.i. e la Regione Calabria – Dipartimento Ambiente e Territorio ha approvato in Conferenza dei Servizi (CdS) il Piano di Caratterizzazione (PdC) dell'Area. Con l'attuazione del PdC sono stati realizzati di n.45 sondaggi a carotaggio continuo, di cui 8 attrezzati a piezometro per



Figura 17: Ubicazione dell'area di discarica

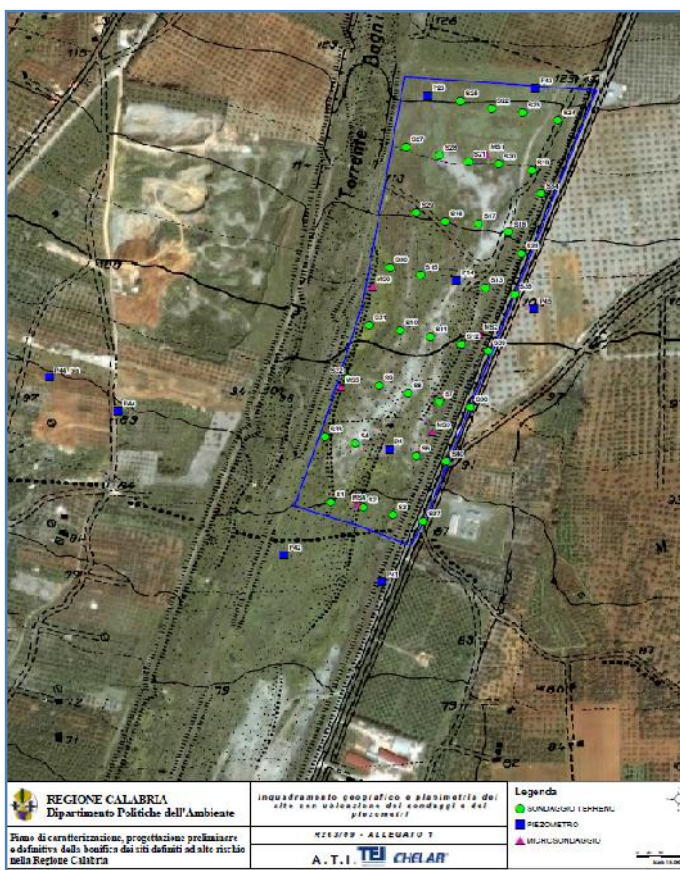


Figura18: Ubicazione sondaggi della caratterizzazione

indagare la falda acquifera sotterranea [fig. 18] per la verifica della qualità delle matrici ambientali. Per ognuno dei 45 sondaggi sono stati prelevati campioni rappresentativi sia del terreno che dei rifiuti presenti in situ. La falda è stata rilevata soltanto nei piezometri di valle alla profondità di 17,8 m dal piano campagna (p.c.), ubicati fuori dal sito caratterizzato dalla presenza di rifiuti. Inoltre è stata rilevata la presenza di biogas nei sondaggi effettuati nel corpo rifiuti. Il controllo visivo delle carote estratte e le analisi condotte sui campioni di rifiuto prelevati ha confermato la presenza di Rifiuti Soli di Urbani (RSU) CER 20.03.01. Tali rifiuti sono in parte mineralizzati anche se esiste ancora una certa attività biologica dei rifiuti legata alla degradazione della componente organica, come confermato dalla presenza, in alcuni punti, di biogas mentre non è stata, invece, evidenziata la presenza di percolato.

Il corpo dei rifiuti ha uno spessore variabile da pochi metri sino a circa 8 metri ed attualmente è coperto da uno strato di terreno sul quale ha attecchito nel tempo una vegetazione arbustiva naturale.

Ai fini della verifica del superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) nei terreni, i valori ottenuti sono stati comparati con i limiti tabellari (tab. 1 colonna A - All. 5, Titolo V, Parte quarta D.lgs. 152/06). Il risultato della comparazione ha evidenziato superamenti delle CSC per i seguenti parametri:

Stagno; Zinco; Cobalto; Stagno; Rame; Arsenico; Zinco; PCB; Idrocarburi C>12.

L'Analisi di Rischio Sanitario Ambientale Sito Specifica (AdR), (All.1 - Titolo V, Parte Quarta D.lgs. 152/06), ha evidenziato valori di rischio non accettabili solo per i parametri Arsenico e Idrocarburi C>12.

Relativamente alla matrice acque sotterranee, nei piezometri a valle della discarica, sono stati rilevati i superamenti delle CSC per i parametri: Solfati, Ferro, Manganese e Piombo. Per ciò che concerne i Solfati e Ferro il superamento è stato rilevato a valle ed a monte della discarica (a notevole distanza) e quindi tali parametri non sono direttamente correlabili con i rifiuti presenti; mentre, per quanto riguarda il piombo ed il manganese, gli stessi sono registrati al di fuori del sito di discarica.

Per quanto concerne la presenza di Arsenico è stato ipotizzato che fosse imputabile a valori anomali di Arsenico presenti nei terreni di tutta l'area.

Pertanto è stato eseguito uno studio di area vasta per la determinazione dei valori anomali di Arsenico in aree distanti dalla discarica. Le risultanze di questo studio hanno evidenziato la presenza di valori di Arsenico superiori alle CSC naturalmente presenti nei terreni di località Bagni. Tale evidenza ha portato a considerare come valore di rischio non accettabile nei terreni solo quelli legati al parametro idrocarburi

C> 12. L'intervento previsto in progetto (approvato ai sensi dell'art. 242 D.lgs.152/06) consiste essenzialmente nella realizzazione di un capping sommitale che consenta di isolare la contaminazione dall'ambiente esterno, di un argine di valle (al piede della discarica), della raccolta delle acque superficiali, della rimozione di un hot spot, del monitoraggio della falda idrica e nella realizzazione di torce per la captazione del biogas nonché il ripristino di alcuni tratti dell'argine del F. Bagni. A completamento della copertura è prevista sulla sommità della discarica la piantumazione di piante arbustive ed idrosemina di specie autoctone.

Dal punto di vista geologico la zona in cui è ubicata l'ex discarica comunale corrisponde ad una parte di una più estesa area golenale all'interno di una più ampia conoide del F. Bagni. Essa è costituita da sedimenti conglomeratici alluvionali costituiti da clasti di rocce metamorfiche immersi in una matrice sabbioso limosa con lenti argillose. In quest'area, come già detto è stata rilevata una falda soggiacente a circa 18 m dal p.c. Le condizioni geologiche ed idrogeologiche riscontrate nell'area nell'insieme, conferiscono al sottosuolo un grado di vulnerabilità medio dovuto principalmente alla permeabilità generalmente alta dei litotipi affioranti (depositi alluvionali di conoide). La geologia dell'area è stata desunta da cartografie e studi eseguiti a vario titolo nella piana.

Zona Industriale (ex SIR)

Nel settore meridionale della piana, tra il F. Amato ed T. Turrina, insiste l'area industriale/artigianale di Lamezia Terme - S. Pietro Lametino "Papa Benedetto XXVI", nonché le zone a maggiore vocazione agricola/zootecnica [fig. 19]. In particolare la zona industriale, posta a sud, ricade in aree vulnerabilità

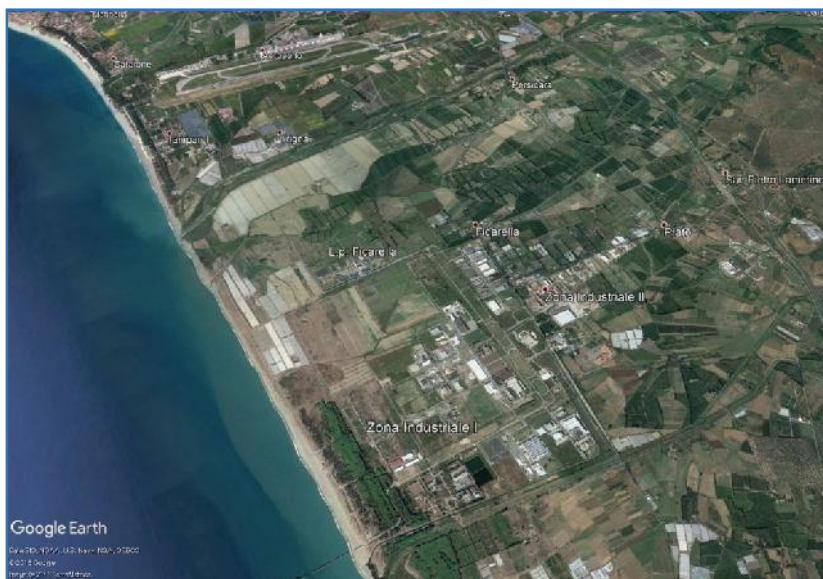


Figura19: Inquadramento generale Zona Industriale di Lamezia

Elevata (depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi) e Molto Elevata (depositi alluvionali, sabbie eoliche ed ampi tratti dell'antico cordone dunare), con una soggiacenza compresa tra 4,0 m ed 1,0 m dal p.c. e ciò rende evidente il potenziale pericolo di inquinamento per le locali acque sotterranee. In quest'area insistono anche numerose attività agricole non censite, aziende agricole a coltura intensiva, florovivaistiche e zootecniche dislocate principalmente nelle zone a vulnerabilità alta ed elevata. Queste attività unitamente alla presenza, lungo la costa, di insediamenti turistici ed abitazioni private pongono in risalto un potenziale scenario di rischio inquinamento per l'acquifero superficiale della piana di S. Eufemia Lamezia. La maggiore criticità rilevata nell'area sono i valori anomali di concentrazione dei parametri Arsenico, Ferro e Manganese riscontrati in diversi punti della Z.I. e che sono oggetto di un più ampio progetto dal titolo: "Studio dei valori anomali di concentrazione degli inquinanti riscontrati nelle acque di falda della Zona Industriale di Lamezia Terme", attualmente in corso di realizzazione e di cui la presente carta è parte integrante come già dettagliato in premessa. Tuttavia da una prima analisi preliminare non sono state individuate nell'area attività che possano essere legate alla produzione di questi inquinati pertanto l'ipotesi di un origine naturale legata a particolari condizioni riducenti dovute all'assetto litologico locale sembra al momento essere la più ragionevole. Tale ipotesi è oggetto di verifica e di valutazione del progetto. Si evidenzia inoltre che dalle analisi chimiche condotte nell'area ai fini delle attività di monitoraggio legate al citato progetto e tutt'ora in atto, si rileva la presenza in tracce di un Fitofarmaco il Clorpirifos etile. Quest'ultimo è un prodotto fitosanitario (insetticida organofosforico) ad ampio

spettro di azione che tende a fissarsi nel suolo dove resiste bene al dilavamento. Questo fitofarmaco è uno dei più commercializzati per la difesa antiparassitaria delle colture di: arance, limoni, mandarini, clementine, mandorle, mele, pere, nespole, albicocche, pesche, Uva, patate, pomodori, peperoni, melanzane, mais, Cavolfiori, Broccoli, Piselli, Asparagi, Carciofi, Carote, Cipolle, Meloni, Cocomeri ed alcune piante ornamentali floreali. Tutte colture compatibili con le attività agricole e florovivaistiche condotte nella Piana con particolare riferimento alle aree più prossime alla Zona Industriale. Il Clorpirifos etile è stato rilevato in tracce all'esterno della Z.I. (a monte) ed, in misura minore, nei piezometri degli impianti della Zona Industriale ubicati perimetralmente alla stessa. Questo fitofarmaco è classificato da ISPRA (2017) con alta pericolosità per l'ambiente ma non pericoloso per la salute umana.

CONCLUSIONI

L'analisi di base della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale della piana di S. Eufemia Lamezia (metodo parametrico SINTACS), ha evidenziato una situazione assai articolata descritta in precedenza e di seguito brevemente riassunta:

- Zone a vulnerabilità media: localizzate nelle aree interne della piana in corrispondenza dei terrazzi e dei depositi di conoide;
- Zone a vulnerabilità alta: ubicata in posizione mediana tra l'hinterland della piana e la costa, si estende grossomodo dal F. Amato sino all'estremo meridionale della carta;
- Zone a vulnerabilità elevata: allungata, parallelamente alla precedente, lungo tutta la costa ad eccezione di una ridotta porzione presente all'interno, attorno alla zona a vulnerabilità media di località Stretto;
- Zone a vulnerabilità molto elevata: si snoda lungo la costa, a ridosso del litorale, dall'estremo sud all'estremo nord dell'area di studio.

In questo quadro eterogeneo va sottolineata la distribuzione nella piana di molteplici attività che possono generare impatti negativi sulle acque sotterranee. In merito l'attenzione va posta, in primo luogo, sulle zone della piana situate a valle del F. Amato (che divide schematicamente l'area di studio in due settori). Nel settore meridionale della piana insistono infatti l'area industriale/artigianale di Lamezia Terme-S. Pietro Lametino nonché le zone a maggiore vocazione agricola/zootecnica. In particolare la zona industriale, ricade in aree a vulnerabilità elevata e molto elevata e ciò rende evidente il potenziale pericolo di inquinamento per le locali acque sotterranee. In quest'area insistono anche numerose aziende agricole a coltura

intensiva, florovivaistiche e zootecniche. Queste attività unitamente alla presenza, lungo la costa, di insediamenti turistici ed abitazioni private pongono in risalto un potenziale scenario di rischio inquinamento per l'acquifero superficiale della piana di S. Eufemia Lamezia. Per ciò che concerne invece il settore settentrionale della piana, rispetto al precedente, è contraddistinto da attività agricole differenti (uliveti, agrumeti, seminativi ecc.) praticate nelle aree a vulnerabilità alta, elevata e molto elevata ed anche a valle degli abitati di Nicastro e Sambiasse, all'interno dell'area classificata a vulnerabilità media. Anche questo settore della piana è caratterizzato dalla presenza, lungo la costa, di insediamenti turistici ed abitazioni private. Tutte queste attività concorrono, come per l'altro settore, a delineare un potenziale scenario di rischio d' inquinamento per l'acquifero superficiale della piana che tuttavia appare leggermente meno preoccupante del settore sud.

Pertanto nella definizione del quadro conoscitivo del progetto sono stati censiti per tipologia ed ubicazione: i produttori reali e potenziali d'inquinamento (CdP), i potenziali ingestori e viacoli d'inquinamento degli acquiferi, i preventori e/o riduttori dell'inquinamento, i principali soggetti ad inquinamento che insistono sulla Piana di Sant' Eufemia Lamezia. Successivamente, mediante la sovrapposizione di questi elementi sulla carta di vulnerabilità intrinseca, è stata restituita la carta di vulnerabilità integrata (metodo CNR – GNDCI) che fornisce una lettura immediata in termini di vulnerabilità dell'acquifero e di tipologia di rischio potenziale derivante dall'interazione dei centri di pericolo con le caratteristiche intrinseche dell'area di studio. La cartografia prodotta è quindi una sintesi, espressa in termini qualitativi dei caratteri idrogeologici dell'area di studio e dei centri di pericolo presenti, che territorializza le tipologie d'inquinanti in ragione delle attività antropiche insistenti sulla piana e la predisposizione dell'acquifero ad ingerire e disperdere un inquinante idrosolubile/idroveicolato nell'ambiente. In particolare sono stati cartografati, in accordo con la legenda delle carte di vulnerabilità integrata (Civita 1994; Civita e De Maio 2000; De Maio et al. 2001):

- I produttori reali e potenziali d'inquinamento o Centri di Pericolo:
tutte quelle attività antropiche (agricole, zootecniche, industriali, commerciali, punti vendita carburante, ecc.) che possono avere impatti significativi sul territorio e determinare un potenziale rischio d'inquinamento per l'acquifero studiato. Inoltre sono state analizzate situazioni specifiche esistenti all'interno della piana (ex discarica comunale di località Bagni, campo ROM, Zona Industriale).

- I potenziali ingestori e viacoli di inquinamento degli acquiferi sotterranei: elementi che interagendo con le caratteristiche intrinseche del territorio ne amplificano la vulnerabilità intrinseca poiché generano un aumento della velocità d'infiltrazione degli inquinanti idrosolubili e/o idroveicolati riducendo sensibilmente la capacità autodepurativa del terreno (cave pozzi abbandonati).
- I preventori e/o riduttori di inquinamento: attività che gestiscono o trasformano i rifiuti (discarica controllata, depuratore, impianti trattamento RSU ed RS).
- I principali soggetti ad inquinamento: elementi che risentirebbero maggiormente di un eventuale contaminazione dovuta alla diffusione di un inquinante (pozzi e campi pozzi ad uso idropotabile, pozzi ad uso agricolo, sorgenti).

In particolare sul finire degli anni 20 fu attuato un vasto intervento di bonifica della piana che restituì alla collettività ampie porzioni di territorio prima paludoso. A seguito di tale intervento si è verificato uno sviluppo, spesso abusivo ed incontrollato, con l'espansione dei centri abitati e con la crescita sia di nuovi agglomerati che di insediamenti turistici lungo la costa e di numerose case sparse. Gli insediamenti antropici principali (Nicastro, Sambiasse, Curinga) si sono sviluppati a ridosso delle principali aree di ricarica dell'acquifero [fig. 11] mentre i nuovi agglomerati urbani, gli insediamenti turistici e le case sparse si sono sviluppati nelle zone di espansione della piana ovvero verso il litorale in corrispondenza delle aree di drenaggio [fig. 11]. Quest'urbanizzazione incontrollata ha portato tra l'altro alla realizzazione di numerosi pozzi idrici, spesso non dichiarati di cui non si conoscono la profondità le stratigrafie, e le caratteristiche costruttive e che pertanto possono costituire vie preferenziali di potenziale contaminazione sia per l'acquifero superficiale che per quello profondo (cross - contamination). Inoltre lungo la costa, a completamento degli interventi di bonifica, il Consorzio realizzò una fascia boschiva frangivento, pressoché continua lungo la costa. In tutta questa fascia furono realizzati numerosi pozzi ad anello, attestati nell'acquifero superficiale, oggi abbandonati che rappresentano potenziali ingestori di eventuali inquinanti in falda. Attualmente questi pozzi sono per lo più ostruiti da materiali di vario genere e nei casi più gravi utilizzati per lo smaltimento abusivo di rifiuti [fig.13]. Altra potenziale fonte d'inquinamento è rappresentata dalle attività agricole (serre, vivaia, frantoi oleari, piccole coltivazioni) concentrati principalmente nella fascia mediana della piana caratterizzata da un grado di vulnerabilità elevato. Le attività zootecniche (Bovini, Suini, Ovicapri ed Equini) sono distribuite in maniera più omogenea sull'intera piana che è caratterizzata da un grado

di vulnerabilità variabile da medio a molto elevato, passando per i gradi intermedi, spostandosi dalle zone più interne verso la costa. In carta sono stati anche riportati i pozzi ad uso agricolo, industriale ed idropotabile censiti nel catasto pozzi dell'ex provincia di Catanzaro e quelli disponibili presso ISPRA (L.464/84).

In conclusione, nel quadro complessivo della carta di vulnerabilità integrata, la distribuzione dei centri di pericolo e degli insediamenti antropici censiti, sovrapposti alla vulnerabilità intrinseca del territorio conferma lo scenario generale di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento per l'Italia peninsulare proposto dal GNCI – CNR e riportato schematicamente in figura 1 (Civita,1992). Questo scenario è contraddistinto da un'alta densità abitativa nella zone pianeggianti costiere ed intramontane. In questo caso, la risorsa idrica ha generalmente standard di qualità elevati (Vedi PTA) mentre risulta più sfruttata nei settori mediani e costieri dove si registra un maggior carico antropico. Pertanto nelle zone vallive si ha un rischio maggiore che possano verificarsi potenziali episodi d'inquinamento puntuale e/o diffuso come schematizzato in figura 1. Il presente studio fornisce quindi, un utile contributo alla definizione dei potenziali scenari di rischio d'inquinamento ipotizzabili nella area di studio, fornendo un prodotto cartografico che individua le aree maggiormente vulnerabili della piana i CdP e gli altri elementi sensibili cartografati. La sovrapposizione di tutti questi elementi costituisce nell'insieme, la carta di vulnerabilità integrata che restituisce, in termini qualitativi, i possibili effetti e gli impatti potenziali generati dagli stressi sull'acquifero superficiale soggiacente nella piana.

BIBLIOGRAFIA

- Amodio Morelli, L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Picarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin-Lorenzoni E., Zuppetta A. (1976). L'Arco Calabro-Peloritano nell' orogene Appenninico- Magrebide; Mem. Soc. Geol. It.,17: 1- 60.
- Arpacal – Centro Funzionale Multirischi – Banca dati meteoidrologici (2012). Piogge e Temperature mensili della stazione meteoidrologica Di S. Eufemia Lamezia. <http://www.cfd.calabria.it>. Citato Aprile 2018
- Arssa [Aramini G., Colloca C., Corea A.M., Paone R., Caruso A., Bruno G.] (2003). Carta dei Suoli della Calabria (1:250.000) e monografia divulgativa “. Rubbettino, Soveria Mannelli (CZ)
- Arssa [Bonofiglio R., Colloca C., Corea A.M., Oppedisano R., Vecchio G.] (1996). Carta dei Suoli della Piana di S. Eufemia Lamezia (1:50.000) e monografia divulgativa. Rubbettino, Soveria Mannelli (CZ)
- Cassa per il Mezzogiorno [Burton A. N.] (1967). Carta Geologica della Calabria (1:25.000) – F. 241; Nicastro. Poligrafica & Cartevalori – Ercolano (NA)
- Civita M. (1994). Le Carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria & Pratica . Quaderni e Tecniche di Protezione Ambientale, 31: 325, Pitagora, Bologna
- Civita M., De Maio M. (2000). Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con Il sistema parametrico-SINTACS R5 -. Quaderni e Tecniche di Protezione Ambientale, 72: 226., Pitagora, Bologna
- Cuiuli E. (2004). Studio dell'influenza dei caratteri strutturali sulla geomorfologia dell'area compresa tra Il fiume Amato, monte Contessa e monte Covello (Calabria). Geologia dell'Ambiente, 4: 9 – 15.
- Cuiuli E. (2012). Contributo alla conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche della Piana di S. Eufemia Lamezia (Calabria) – Primi Risultati. Acque Sotterranee, 127: 19 - 32.
- Cuiuli E. (2015). Considerazioni sull'assetto idrogeologico della Piana di S. Eufemia Lamezia attraverso lo sviluppo della carta del tetto dell'acquifero confinato intermedio (Calabria centrale). Acque Sotterranee – Italian Journal of Groundwater” n. 141/3: 45 - 52

- De Maio M., Civita M., Farina M., Zavatti A., (2001). Linee Guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Manuali e Linee Guida APAT, 4: 1-99; IGER Srl, Roma.
- Gisotti G., Zarlenga F., (2004). Geologia Ambientale – Principi e Metodi. Dario Flaccovio, Palermo.
- Gulla G., Antronico L., Sorriso – Valvo M., Tansi C. (2005). Proposta metodologica per la valutazione di indicatori di pericolo e rischio frana a scala intermedia: L' area della stretta di Catanzaro (Calabria – Italia). Geologica Romana, 38: 97- 121.
- Paris P., Romoli D., Bisceglie S., Maschio G., Parisi Presceglie D., Ursina D. (2017). Monitoraggio nazionale dei pesticidi nelle acque – Indicazione per la scelta delle sostanze. Manuali e Linee Guida ISPRA n. 152;
- Sappa G., Bianchini B. (1999). Caratterizzazione idrogeologica della Piana di S. Eufemia con l'ausilio di metodi termocoduttimetrici. Ingegneria e Geologia degli Acquiferi, 13: 19 – 29.
- SOGESID (2009). Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria. DPCM - Commissario Delegato Per l'Emergenza Ambientale in Calabria.
- Sorriso–Valvo M., Tansi C. (1996). Carta delle grandi frane e deformazioni gravitative profonde di versante della Calabria. Selca Firenze.
- Tortorici G., Bianca M., Monaco C., Tortorici L., Tansi C., De Guidi G., Catalano S. (2002) Quaternary normal faulting and marine terracing in the area of Capo Vaticano and S.Eufemia Plain (Southern Calabria). Studi Geologici Camerti – nuova serie, 1: 156 - 171