



COMUNE DI SCARLINO
PROVINCIA DI GROSSETO
SETTORE 4 - LAVORI PUBBLICI E POLITICHE AMBIENTALI

**PROGETTAZIONE OPERATIVA UNITARIA DELLA BONIFICA DELLE ACQUE DI
FALDA DELLA PIANA DI SCARLINO**

Progetto operativo di bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06

Ottobre 2013



Gruppo di Lavoro

Ing. Franco Rocchi
Dott. Geol. Alessandro Murratzu
Dott. Geol. Marina Cattaneo
Ing. Nicola Cozzani
Ing. Pierangelo Caponi
Dott. Samanta Dantoni



 **ambiente**
ingegneria ambientale e laboratori

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
INTEGRATO CERTIFICATO DA DNV
= UNI EN ISO 9001:2000 =
UNI EN ISO 14001:2004

Via Frassina, 21 – Carrara (MS) | Firenze (FI) – Via di Soffiano, 15
Via Nizza, 92 – Roma (RM) | Milano (MI) – Via Settembrini, 52



COMUNE DI SCARLINO
PROVINCIA DI GROSSETO
SETTORE 4 - LAVORI PUBBLICI E POLITICHE AMBIENTALI

**PROGETTAZIONE OPERATIVA UNITARIA DELLA BONIFICA DELLE ACQUE DI
FALDA DELLA PIANA DI SCARLINO**

Progetto operativo di bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06

Ottobre 2013

RELAZIONE TECNICA

 **ambiente**
ingegneria ambientale e laboratori

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
INTEGRATO CERTIFICATO DA DIV
= UNI EN ISO 9001:2000 =
UNI EN ISO 14001:2004

Via Frassina, 21 – **Carrara (MS)** | **Firenze (FI)** – Via di Soffiano, 15
Via Nizza, 92 – **Roma (RM)** | **Milano (MI)** – Via Settembrini, 52



COMUNE DI SCARLINO
Settore 4 - Lavori Pubblici e Politiche Ambientali

A cura di:



Gruppo di lavoro

Ing. Franco Rocchi

Dott. Geol. Alessandro Murratzu

Dott. Geol. Marina Cattaneo

Ing. Nicola Cozzani

Ing. Pierangelo Caponi

Dott. Samanta Dantoni



SOMMARIO

PREMESSA.....	1
PARTE I SINTESI DELLE ATTIVITÀ PREGRESSE SVOLTE SUL SITO ED INDIVIDUAZIONE DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA.....	3
1. METODOLOGIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
1.1 <i>Approccio metodologico</i>	3
1.2 <i>Raccolta dati esistenti</i>	4
PARTE II INQUADRAMENTO GENERALE.....	7
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	7
3. CLIMATOLOGIA	10
4. GEOMORFOLOGIA	12
5. GEOLOGIA.....	12
6. EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA.....	17
7. GIACIMENTOLOGIA.....	20
8. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	24
9. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E USO DEL SUOLO.....	27
9.1 <i>Individuazione dell'unità morfologica territoriale secondo P.T.C. – “Costa di Scarlino e Follonica”</i>	27
9.2 <i>Individuazione dell'unità morfologica territoriale secondo P.T.C. – “Piana di Scarlino”</i>	29
9.3 <i>Piano Strutturale del Comune di Scarlino</i>	31
9.4 <i>Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate</i>	35
10. INQUADRAMENTO STORICO-ECONOMICO	37
10.1 <i>Attività paleo - industriale</i>	37
10.2 <i>Attività industriale</i>	39
10.3 <i>Bonifiche idrauliche della Maremma: Padule di Scarlino</i>	40
11. INQUADRAMENTO GEO-CHIMICO DELL'AREA.....	42
11.1 <i>Inquadramento geochimico della matrice ambientale suolo</i>	43
11.2 <i>Inquadramento idro-chimico della matrice ambientale acque sotterranee</i>	46
11.3 <i>Inquadramento dello stato di risanamento ambientale dell'area</i>	47
PARTE III REALIZZAZIONE VERIFICHE DI CAMPO	50
12. INDIVIDUAZIONE DEI PIEZOMETRI E POZZI DI RIFERIMENTO.....	50
12.1 <i>Compilazione Schede di campo</i>	53



12.2	<i>Esecuzione rilievo fotografico e georeferenziazione</i>	54
12.3	<i>Esecuzione rilievo freaticometrico</i>	55
12.4	<i>Gestione dei dati raccolti: il SIT</i>	56
PARTE IV ANDAMENTO DI FALDA E SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DELLA MATRICE AMBIENTALE ACQUE SOTTERRANEE		57
13.	ELABORAZIONE DELLE CARTE ISOFREATICHE.....	59
14.	ELABORAZIONE DELLE CARTE DI ISOCONCENTRAZIONE.....	62
PARTE V MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA		67
15.	CONCLUSIONI DEL MODELLO IDROGEOLOGICO PER LA PIANA DI SCARLINO.....	68
PARTE VI SCREENING DI VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE IMPIANTISTICHE DI TRATTAMENTO ACQUE ESISTENTI SULL'AREA		75
16.	INQUADRAMENTO ATTIVITÀ INDUSTRIALI PRESENTI NELL'AREA.....	75
16.1	<i>Nuova Solmine S.p.A.</i>	77
16.2	<i>Scarlino Energia</i>	82
16.3	<i>Huntsman Tioxide Europe</i>	86
PARTE VII PROGETTO DI BONIFICA		91
17.	STRATEGIE E OBIETTIVI DI INTERVENTO SULLE ACQUE SOTTERRANEE.....	92
18.	BONIFICA DEL SITO IN ESAME: LINEE ESSENZIALI	97
19.	FASE I: INTERVENTO DI BONIFICA DELLA FALDA.....	99
19.1	<i>Presenza di vincoli fisici</i>	99
19.2	<i>Cantierizzazione e attività preliminari</i>	99
19.2.1	Decespugliamento dell'area.....	99
19.2.2	Perimetrazione delle aree di lavoro	100
19.2.3	Accessibilità al cantiere.....	101
19.2.4	Viabilità di cantiere.....	102
19.3	<i>Chiusura mineraria pozzi loc. La Botte</i>	102
19.4	<i>Dismissione delle barriere idrauliche attive in area Scarlino Energia e Syndial</i>	102
19.5	<i>Realizzazione del sistema di pozzi-barriera</i>	102
19.5.1	Caratteristiche costruttive pozzi-cluster	105
19.6	<i>Sistema di sollevamento</i>	107
19.6.1	Dimensionamento e caratteristiche tecniche elettropompe sommerse.....	108
19.6.2	Quadri elettrici e di comando	110
19.6.3	Effetto del barrieramento idraulico sulla falda superficiale	111



19.7 Dimensionamento e realizzazione rete di collegamento con il sistema di trattamento acque	112
19.7.1 Progettazione della rete di collegamento.....	112
19.7.2 Dimensionamento delle tubazioni.....	115
19.8 Start up dell'impianto di sollevamento.....	117
19.9 Trattamento e riutilizzo delle acque emunte.....	117
19.9.1 Impianto di Nuova Solmine: trattamento acque per la produzione di acqua demineralizzata.....	118
19.9.2 Impianto di trattamento dei rifiuti liquidi (TRL) di Scarlino Energia: modulo per la produzione di latte di calce	123
19.9.3 Riutilizzo delle acque nel ciclo produttivo	127
19.9.4 Gestione delle emergenze.....	127
19.10 Durata dell'intervento e obiettivi di bonifica.....	128
19.11 Integrazione della rete piezometrica esistente con piezometri di nuova realizzazione	129
19.11.1 Quantità e ubicazione dei piezometri.....	130
19.11.2 Modalità esecutive dei piezometri.....	130
19.12 Piano dei monitoraggi e dei controlli	131
19.12.1 Attività di controllo e manutenzione ordinaria.....	131
CONTROLLI IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO E UNITÀ DI TRATTAMENTO	132
19.12.2 monitoraggi sulle acque di falda	132
PUNTI DI MONITORAGGIO CHIMICO E FREATIMETRICO RETE PIEZOMETRICA	133
PARAMETRI PROPOSTI.....	134
REPORT DEI MONITORAGGI.....	135
19.13 Gestione dei rifiuti prodotti dalle attività di cantiere	135
19.13.1 Materiali terrigeni di risulta dalle operazioni di perforazione.....	135
19.13.2 Acque di spurgo dai pozzi e piezometri ambientali	136
19.13.3 Cassette catalogatrici.....	136
19.14 Accortezze in fase di cantiere	136
19.15 Logistica degli interventi	137
19.15.1 Personale e mezzi d'opera	137
19.15.2 Approvvigionamento e gestione materiali in ingresso	137
19.15.3 Produttività	137
19.15.4 Sistemi di contenimento delle emissioni: rumore, polvere.....	138



20. FASE II: LINEE GENERALI	139
20.1 Censimento di dettaglio di tutti i pozzi presenti nella piana utilizzati a scopo industriale ed irriguo	139
20.2 Esecuzione di video ispezione pozzi	139
20.3 Individuazione e chiusura mineraria dei pozzi con caratteristiche costruttive non idonee	139
20.4 Realizzazione di nuovi pozzi con criteri che permettano la separazione certa dei differenti livelli acquiferi intercettati	140
20.5 Realizzazione di eventuali interventi di accelerazione dei processi di bonifica della falda	140
20.6 Gestione dell'ingressione del cuneo salino	140



INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Mineralizzazioni presenti nell'attuale bacino idrografico del Pecora, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003).....	21
Tabella 2: Mineralizzazioni presenti nell'area un tempo inclusa nel bacino idrografico del Pecora, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	22
Tabella 3: Mineralizzazioni essenzialmente a pirite, trattate negli impianti di scarlino, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	22
Tabella 4: Tipi Morfologici della "Costa di Scarlino e Follonica" – Fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010)	28
Tabella 5: Tipi Morfologici della "Piana di Scarlino" – Fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010)	30
Tabella 6: minerali e fasi solide nelle scorie archeo-metallurgiche prelevate nell'indagine di Tanelli et al. – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	42
Tabella 7: Analisi chimiche delle scorie archeo-metallurgiche prelevate nell'indagine di Tanelli et al. – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	43
Tabella 8: Analisi chimiche dei sedimenti prelevati presso Area di Poggio Palone. – Rimin SpA.....	44
Tabella 9: Analisi chimiche dei sedimenti prelevati presso Area di Casa Bianca – Rimin SpA.....	45
Tabella 10: Principali siti contaminanti afferenti al Comune di Scarlino.....	48
Tabella 11: Siti bonificati afferenti al Comune di Scarlino	49
Tabella 12. Matrice di valutazione delle tecnologie di bonifica per acque sotterranee e superficiali ISPRA ..	94
Tabella 13. calcolo potenza della elettropompa in KW nel caso più sfavorevole.....	109
Tabella 14. calcolo diametro tubazioni	116
Tabella 15. Dati in entrata e uscita Impianto Acqua Demineralizzata – anno 2006.....	121
Tabella 16. Tabella parametri di monitoraggio da ricercare delle acque di falda.....	134

* § *



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Schema del percorso seguito.....	3
Figura 2: Bacino Idrografico Fiume Pecora – Fonte: Studio della dispersione dell’arsenico nella Piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	8
Figura 3: Ubicazione geografica ambito Piana soggetto a misure di salvaguardia – Fonte: Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto (2006)	9
Figura 4: Andamento della temperatura media annua dal 1971 al 2000 - Stazione meteorologica di Grosseto Aeroporto	10
Figura 5: Andamento della temperatura media annua dal 1961 al 1990 - Stazione meteorologica di Grosseto Aeroporto	11
Figura 6: Direzione prevalente e frequenza del vento alla stazione di Scarlino Scalo - Fonte: Nuova Solmine, 2002	11
Figura 7: Carta Geologica dell’area studiata con indicazioni sul grado di permeabilità relativa dei terreni affioranti: 1) detriti da disfacimento del Macigno (Olocene); 2) sabbie e dune costiere (Olocene); 3) alluvioni recenti ed attuali (Olocene); 4) conoidi di deiezione (Olocene); 5) terreni di bonifica e depositi palustri (Olocene); 6) Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Pleistocene sup.); 7) Sabbie rosse di Val di Gori (Pleistocene medio); 10) Conglomerato di Montebamboli (Miocene sup.); 11) Macigno del Chianti (Oligocene) – Fonte: Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006).....	13
Figura 8: Sezione geologica schematica: 1) Olocene; 2) Pleistocene sup.; 3) Tortoniano sup. – Messiniano sup.; 4) substrato preneogenico; 5) depositi superficiali di varia natura (suoli, detriti, ecc.); 6) sabbie e ghiaie pulite; 7) sabbie e ghiaie in matrice argilloso – limosa; 8) litologie prevalentemente limose; 9) litologie prevalentemente argillose– Fonte: Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006)	17
Figura 9: Carta Geologica schematica del bacino del Fiume Pecora – Fonte: : Studio della dispersione dell’arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	19
Figura 10: Bacino idrografico attuale del Pecora e limiti del possibile paleo – bacino idrografico (secondo Tongiorgi, 1957) – Fonte: : Studio della dispersione dell’arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003).....	23
Figura 11: Piana di Scarlino, tratto terminale, dal colle di Scarlino	24
Figura 12: Sezione geologica schematica della Piana di Scarlino (Nuova Solmine, 2002, modificata) - Fonte: : Studio della dispersione dell’arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	26
Figura 13: Estratto Tavola " I beni paesaggistici di interesse unitario della Toscana" – Fonte: Piano strutturale Comune di Scarlino	32
Figura 14: Localizzazione dei depositi di scorie archeometallurgiche nel bacino del F.Pecora – Fonte: Studio della dispersione dell’arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003).....	38
Figura 15: Principali zone umide della Maremma centro-meridionale intorno alla metà del settecento – Fonte: Barsanti e Rombai (1986).....	40



Figura 16: Piezometri/Pozzi Falda1 oggetto di verifiche di campo – Fonte: Estratto Tavola 2a.....	51
Figura 17: Piezometri/Pozzi Falda2 oggetto di verifiche di campo – Fonte: Estratto Tavola 2b.....	52
Figura 18: Estratto Scheda Rilievo Falda Piana Scarlino.....	54
Figura 19: Esempio Rilievo fotografico con verifica della condizione del piezometro.....	55
Figura 20: Interpolazione natural neighbor – calcolo dei pesi.....	58
Figura 21: Estratto Tavola 3a: morfologia falda superficiale 1a.....	60
Figura 22: Estratto Tavola 3b: morfologia falda superficiale 1b.....	60
Figura 23: Estratto Tavola 3c: morfologia falda superficiale.....	61
Figura 24: Estratto Tavola 3d: morfologia falda profonda.....	61
Figura 25: Estratto Tavola 4a: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1a.....	63
Figura 25: Estratto Tavola 4b: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1b.....	63
Figura 27: Estratto Tavola 4c: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1.....	64
Figura 28: Estratto Tavola 4d: isoconcentrazioni Arsenico falda profonda 2.....	64
Figura 29. Stralcio planimetrico con indicazione delle zone di maggiore criticità sulla matrice acque sotterranee della falda 1a e falda 1b.....	66
Figura 30. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale nelle condizioni ATTUALI (Modflow 2013) .	72
Figura 31. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale nelle condizioni PROGETTUALI (Modflow 2013).....	73
Figura 32 : suddivisione dell'area industriale del Casone – Fonte: Google Hearth.....	76
Figura 33. Schema a blocchi – ciclo produttivo Nuova Solmine.....	78
Figura 34. Schema a blocchi – ciclo produttivo Scarlino Energia – impianto di incenerimento.....	82
Figura 35. Schema a blocchi – ciclo produttivo Scarlino Energia – trattamento reflui liquidi.....	83
Figura 36. Schema a blocchi – ciclo produttivo Huntsman.....	88
Figura 37. Stralcio planimetrico con ubicazione area logistica principale (area baracche, stoccaggi materiale, etc.).....	101
Figura 38. Stralcio planimetrico con ubicazione barrieramento idraulico: in rosso i pozzi esistenti mantenuti, in verde le nuove linee di progetto; ad ogni punto verde corrisponde n.1 cluster, costituito da n.2 pozzi accoppiati.....	104
Figura 39. Schema realizzativo di un cluster (a sx il pozzo più superficiale, a dx quello più profondo).....	106
Figura 40. Ricostruzione dell'andamento di falda in condizioni di progetto: è chiaramente visibile l'effetto dovuto al nuovo sistema di barrieramento idraulico.....	111
Figura 41. stralcio planimetrico della rete di raccolta acque emunte. In blu il ramo ovest, in verde il ramo centrale+ramo est e infine, in viola il ramo di raccolta finale.....	114
Figura 42. Schema Impianto Acqua Demineralizzata.....	122



Figura 43. impianto di osmosi inversa 123

* § *

ALLEGATI

Allegato I	Schede di censimento di campo
Allegato II	Modello idrogeologico
Allegato III	Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici
Allegato IV	Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza e coordinamento
Allegato V	Computo metrico estimativo degli interventi
Allegato VI	Elenco dei prezzi unitari
Allegato VII	Quadro economico di spesa
Allegato VIII	Cronoprogramma delle attività
Allegato IX	Analisi prezzi

* § *

TAVOLE

Tavola 1	Corografia dell'area con indicazione delle aree di stabilimento
Tavola 2	ubicazione punti di monitoraggio falda (piezometri/pozzi)
Tavola 3	Carte isofreatiche
Tavola 4	Carte di isoconcentrazione falda superficiale
Tavola 5	Carte di isoconcentrazione falda profonda
Tavola 6	Planimetria con ubicazione dei pozzi barriera
Tavola 7	planimetria con indicazione della rete di collegamenti idraulici e schema tecnico pozzi/collegamenti
Tavola 8	planimetria con indicazione piezometri di monitoraggio e di nuova realizzazione

* § *



PREMESSA

Il presente documento è stato elaborato dalla Soc. Ambiente s.c. a seguito del conferimento di incarico di progettazione unitaria della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino (Repertorio n.25 del 03/12/2012).

Il presente progetto è redatto secondo le indicazioni contenute nel Disciplinare di incarico e argomenta i contenuti, le metodologie e le scelte progettuali utilizzate e sviluppate finalizzate al risanamento ambientale delle acque di falda nella piana di Scarlino.

La struttura del presente elaborato è suddivisa nelle seguenti macrosezioni:

- **inquadramento generale dell'area vasta;**
- **modellazione idrogeologica;**
- **sintesi dello stato qualitativo delle acque della piana di Scarlino;**
- **screening di valutazione delle tecnologie impiantistiche esistenti sull'area;**
- **progetto di bonifica.**

In merito all'ultimo punto sopra elencato, esso costituisce il corpus principale di progetto, e risulta suddiviso in due fasi progettuali cronologiche distinte. Il presente progetto sviluppa nel dettaglio la cosiddetta fase I, che prevede interventi di bonifica sulla falda superficiale (layer acquiferi denominati 1a e 1b) e azioni di controllo/monitoraggio a scala vasta.

La scelta delle tecnologie di bonifica e ripristino ambientale, i criteri metodologici e tecnico-operativi di cantiere, la logistica e fasistica realizzativa sono stati scelti e hanno tenuto in debito conto dei seguenti aspetti:

- ✓ **Studi, dati e documentazione pregressi e attuali;**
- ✓ **risultati di tutte le caratterizzazioni svolte sull'area della Piana per il comparto acque sotterranee;**
- ✓ **esame delle disponibilità impiantistiche presenti sul sito;**
- ✓ **analisi delle criticità e screening delle più opportune soluzioni volte al risanamento del comparto falda.**

In sintesi, gli interventi di bonifica del comparto falda acquifera sono suddivisi nel modo seguente:

- ✓ **FASE I:** implementazione di un sistema di barrieramento idraulico così concepito:
 - **falda 1:** n.3 linee di barrieramento: la prima, che sfrutta in parte quella già esistente e la integra creando una linea senza soluzione di continuità che corre indicativamente da Ovest a Est della Piana; la seconda, a valle idrogeologica della prima (zona Padule di Scarlino) di sviluppo minore rispetto alla precedente; la terza, a carattere puntuale, dedicata alla gestione di hot spots (zona La Botte);



- **falda 2:** creazione di una rete piezometrica di monitoraggio che sfrutta gli attuali pozzi/piezometri esistenti e di caratteristiche costruttive idonee, integrata da una serie di nuovi piezometri di monitoraggio; successiva campagna di analisi sulle acque di falda ("punto zero") funzionale ad ottenere un ampio set di dati idrochimici, necessario per poter elaborare, in modo simile a quanto già svolto nel presente progetto, mappe relative allo stato di qualità chimica della falda 2 ad area vasta;
- ✓ **FASE II:** progettazione fase di censimento e ispezione pozzi uso irriguo e idropotabile presenti sulla Piana, finalizzata all'eventuale futura cementazione pozzi non idonei (es.: interconnessione falde) e/o integrazione con nuovi pozzi; campagne di monitoraggio periodico ad hoc della falda 1 e falda 2 funzionali all'ottenimento di maggior dettaglio nelle conoscenze relative a zone specifiche della piana, per eventuale controllo/ottimizzazione/calibrazione del barrieramento di cui alla precedente fase 1.

Di seguito si entra nel dettaglio di quanto sopra descritto.



PARTE I SINTESI DELLE ATTIVITÀ PREGRESSE SVOLTE SUL SITO ED INDIVIDUAZIONE DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA

1. METODOLOGIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Esistono innumerevoli dati stratigrafici, idrogeologici, chimici ed idrochimici della Piana di Scarlino, ma tutt'oggi tali dati sono stati solo parzialmente sistematizzati in modo organico ed esaustivo al fine di poter giungere ad una visione completa ed organica della dinamica del trasporto dei contaminanti nella falda acquifera dai vari punti di vista. Il percorso metodologico finalizzato alla progettazione di un intervento unitario di bonifica della falda deve pertanto necessariamente partire da un lavoro di raccolta, sistematizzazione ed elaborazione della molteplicità dei dati esistenti, finalizzata, in primo luogo, alla ricostruzione dell'assetto idrogeologico ed idrochimico della zona industriale del Casone di Scarlino e della Piana circostante ed alla definizione dell'area-sorgente come fonte di contributo antropico alla contaminazione da metalli pesanti della falda acquifera. Il tutto allo scopo finale di giungere ad una proposta di intervento per il risanamento delle acque sotterranee che, a partire dalla zona industriale sia in grado di accelerare la riduzione nel tempo del carico inquinante, così come richiesto nel Piano provinciale di bonifica dei siti inquinati di cui alla Del CP n°17 del 30/03/2006, ma al contempo di garantire la messa in sicurezza dell'area-sorgente inibendone il rischio di impatto verso bersagli sensibili e l'ulteriore rilascio di contaminanti nel tempo. A tale scopo è parte integrante del presente progetto la definizione dell'obiettivo e della sostenibilità economica dell'intervento che si intende progettare a partire da una corretta conoscenza ed analisi oggettiva dei dati esistenti.

1.1 Approccio metodologico

L'approccio metodologico finalizzato a giungere alla progettazione unitaria dell'intervento di bonifica da realizzare per le acque sotterranee della Piana di Scarlino ha previsto un percorso logico che ha permesso di giungere ad un quadro organico delle conoscenze del sito, sulla base del quale impostare il successivo percorso di progettazione degli interventi in termini di selezione della migliore alternativa e successiva progettazione di dettaglio. Di seguito si riporta uno schema del percorso seguito:

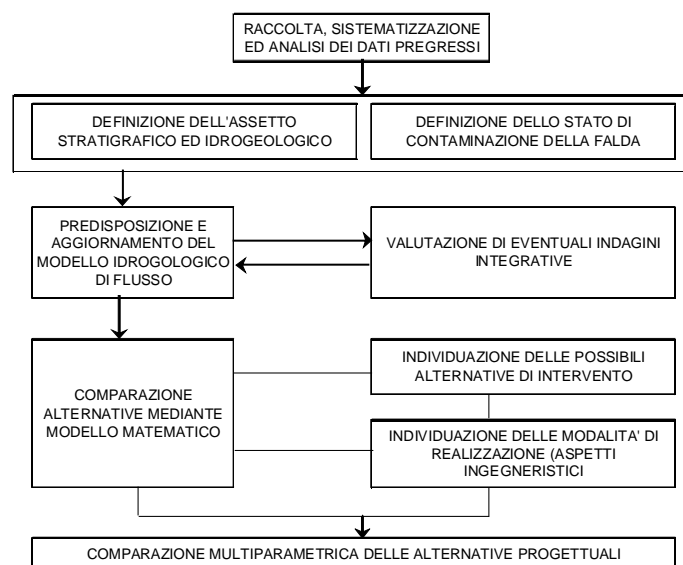


Figura 1: Schema del percorso seguito



Secondo l'approccio metodologico previsto, a livello operativo sono state eseguite le seguenti principali attività:

1. Raccolta dati presso gli enti pubblici e le società interessate;
2. Organizzazione e sistematizzazione dei dati in ambiente Microsoft Access, in modo da poter essere gestiti mediante strumentazione GIS;
3. Verifiche di campo per l'individuazione della rete di piezometri e pozzi di riferimento;
4. Gestione dei dati in ambiente SIT: Elaborazione di Modelli digitali di Elevazione (DEM) per la ricostruzione dell'andamento dei livelli acquiferi nel sottosuolo mediante elaborazione in ambiente GIS e ricostruzione di sezioni stratigrafiche significative ed Elaborazione di carte tematiche per la visualizzazione dell'andamento delle isoconcentrazioni dei parametri chimici di interesse e dell'andamento piezometrico dei differenti livelli acquiferi.
5. Creazione di un sistema informativo territoriale fruibile online (webgis);
6. Implementazione di un modello idrogeologico dell'area;
7. Valutazione della necessità di indagini integrative e loro esecuzione;
8. Valutazione delle possibili strategie di intervento ed elaborazione del progetto unitario della falda.

1.2 Raccolta dati esistenti

Primo passaggio fondamentale per lo sviluppo dell'intero progetto, secondo quanto definito dall'approccio metodologico, consiste nella raccolta dei dati pregressi contenuti nei vari documenti progettuali relativi agli iter amministrativi ai sensi della previgente e vigente normativa (D.M. 471/99 e D.Lgs. 152/06) avviati dalle singole Aziende presenti sul territorio (Piani di Caratterizzazione Ambientali, Relazioni Tecniche Descrittive delle indagini, Analisi di Rischio sito specifiche, Progetti di Bonifica e di MISE, report delle attività di monitoraggio e controllo). Tali dati sono stati reperiti presso le amministrazioni competenti e presso le singole Aziende che hanno attivato gli iter tecnico-amministrativi ai sensi di legge o per altri fini ritenuti comunque di interesse. In particolare, sono stati raccolti i dati inerenti:

- Piezometri/pozzi realizzati sulle differenti aree di proprietà, comprensivi delle profondità raggiunte, del condizionamento dei perfori e dell'esatta ubicazione geografica (coordinate X, Y, piano campagna e bocca pozzo);
- dati di conducibilità idraulica degli acquiferi;
- informazioni relative alle sequenze lito-stratigrafiche rilevate nell'area con indagini di campo (sondaggi, prove penetrometriche, pozzi, piezometri);
- eventuali ulteriori informazioni utili per la successiva progettazione dell'intervento di bonifica.

Oltre a ciò, le medesime informazioni di cui sopra sono state parzialmente reperite anche dalla consultazione di vari studi e pubblicazioni relative all'assetto idrogeologico e idrogeochimico della piana di Scarlino. Questi i principali oggetto di analisi:

- Studi Arpat di Grosseto (2001);
- Studio Tiezzi dell'Università di Siena commissionato dal Comune di Scarlino (2002);



- G. Tanelli ed Altri – “Studio della dispersione dell’Arsenico nella piana di Scarlino (GR)” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2003);
- G. Tanelli ed Altri – “Approfondimento dello studio inerente la diffusione dell’arsenico nel bacino del Fiume Pecora e zone limitrofe” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2005);
- Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini – “Studio idrogeologico della pianura costiera di Follonica-Scarlino (Toscana meridionale)” – Quaderni di Geologia Applicata 13.1-2 (2006);
- G.Sbrilli, G. Giannerini, A.Biondi – “Proposta di indagine delle falde sotterranee nell’area del Casone di Scarlino” – ARPAT (2007);
- G. Tanelli ed Altri – “Caratterizzazione geoambientale degli acquiferi e dei sedimenti neogenici nella Piana di Scarlino” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2008);
- E. Bacci, S. Caneschi – Sito GR72 – San Martino, Linee di indirizzo per la bonifica dell’Arsenico presente nell’acquifero di media profondità – ARPAT (2009);
- A. Donati, A. Biondi – “Studio dei traccianti della contaminazione delle acque di falda della Piana di Scarlino - Relazione Conclusiva” (aprile 2011).

I molteplici studi effettuati negli anni sulla problematica relativa alla presenza di metalli (in primis l’Arsenico) e altri contaminanti inorganici nella piana di Scarlino, nonché le differenti indagini ambientali svolte sull’area hanno consentito la produzione di una **complessa ed articolata sequenza di dati** che, sistematizzati e studiati nel loro insieme, hanno costituito una buona base di partenza per la definizione di un modello concettuale avanzato a supporto della progettazione dell’intervento di bonifica unitario della falda nella piana di Scarlino.

A titolo esemplificativo e non esaustivo gli studi effettuati dall’Università di Firenze (Tanelli) e da dall’ Università di Siena (Tiezzi) hanno infatti osservato come in tutta l’area della Piana di Scarlino sia rintracciabile un possibile arricchimento naturale di As nei terreni. In particolare, lo studio dell’Università di Firenze rileva tenori variabili a seconda della porzione di Piana indagata: i campioni marginali della piana, esternamente all’area compresa fra il Fiume Pecora ed il Canale Allacciante, sono caratterizzati da tenori medi in arsenico di 20-50 mg/kg, mentre nella zona interna della piana tali valori salgono fino a centinaia di mg/kg. Lo studio, inoltre, rileva una marcata anomalia del metallo in questione anche nei campioni di sedimento prelevati dal Fiume Pecora con tenori che si aggirano intorno a 100 mg/kg. Tale studio conclude ritenendo che l’ anomalia geochimica nella piana di Scarlino relativa all’ arsenico sia da imputare all’associazione di cause naturali, che determinano un contenuto di fondo elevato in tutta la pianura legato alle caratteristiche geochimiche dei terreni in relazione alle associazioni mineralogiche presenti nelle adiacenti colline, e di cause antropiche legate alle attività industriali svolte in passato che generano anomalie più marcate nella zona industriale della Piana.

Relativamente alla matrice acque sotterranee, lo studio stesso rileva la presenza di elevate concentrazioni di arsenico negli acquiferi superficiali del Casone e de La Botte (punte massime attorno ai 1700 µg/l), di concentrazioni inferiori ma comunque elevate nella zona di Salciaia (valori attorno a 100 µg/l) e di valori marcatamente più contenuti (16-17 µg/l) a Scarlino Scalo e nella zona industriale orientale di Follonica. Lo studio rileva inoltre concentrazioni molto inferiori e tendenzialmente conformi con i limiti normativi negli acquiferi più profondi individuati nei pozzi profondi de La Botte.



Nei paragrafi costituenti l'inquadramento generale verranno approfonditi i singoli aspetti desunti dalla raccolta e dallo studio dei dati esistenti, in particolare si fornirà:

- **Inquadramento dell'area vasta** (localizzazione, geologia, idrogeologia, climatologia, uso del suolo e vegetazione, pianificazione territoriale e vincolistica);
- **Evoluzione storica/economica dell'area e suo sfruttamento** (attività pre-industriale, attività paleo-industriale, attività industriale, bonifica del Padule di Scarlino);
- **Considerazioni sulla geo-chimica dell'area;**
- **Stato della attività di bonifica nell'area.**



PARTE II INQUADRAMENTO GENERALE

Il presente capitolo costituisce inquadramento generale dell'area vasta denominata "Piana di Scarlino" oggetto di **Progettazione unitaria della bonifica delle acque di falda**, desunto dai numerosi studi condotti negli anni passati dagli enti di controllo e dai soggetti privati che mettono a disposizione una elevata quantità di dati, che, una volta sistematizzati, costituiscono base solida per la definizione di un modello concettuale avanzato a supporto della progettazione dell'intervento di bonifica unitario della falda nella Piana di Scarlino.

Nello specifico si procederà fornendo:

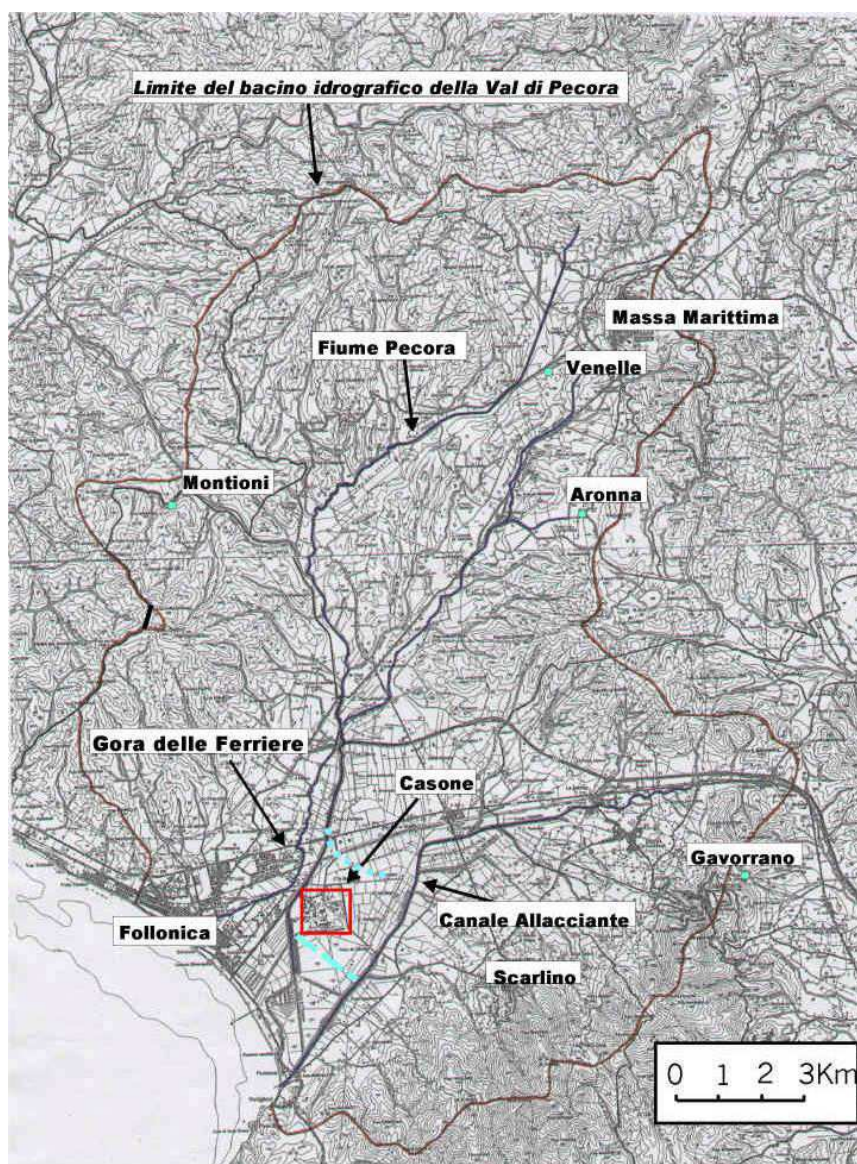
- **inquadramento territoriale dell'area:** localizzazione, limiti, elementi geo-morfologici più rilevanti, geologia, idro-geologia, climatologia con particolare interesse alle precipitazioni, uso del suolo, copertura vegetativa, pianificazione territoriale tramite l'analisi degli strumenti urbanistici;
- **inquadramento storico/economico dell'area:** evoluzione storica, economica e produttiva dell'area attraverso le epoche pre-industriale, paleo-industriale, industriale, con interesse allo sfruttamento delle risorse del suolo e sottosuolo dell'area e ad interventi di intesa modificazione del paesaggio quale la bonifica del Padule di Scarlino;
- **inquadramento geo-chimico dell'area:** individuazioni delle principali peculiarità geo-chimiche di origine naturale di area vasta e possibili modificazioni dovute all'attività antropica;
- **inquadramento dello stato del risanamento ambientale dell'area:** individuazione e presentazione dei principali interventi di bonifica ambientale conclusi e in corso nell'area e stato di progetto per ciascuno di loro.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La porzione di territorio denominata "Piana di Scarlino" è situata nei comuni di Follonica e Scarlino, ha una superficie di circa 40 Km² e rappresenta il tratto terminale della pianura alluvionale del fiume Pecora, essa è costituita da un'area prevalentemente pianeggiante solcata da nord a sud dall'alveo fluviale del fiume Pecora, più volte modificato al fine di bonificare l'antico Padule di Scarlino, e da nord-est a sud-ovest dal Canale Allacciante che raccoglie le acque dell'ex-complesso minerario di Gavorrano. Tale territorio è delimitato ad ovest e sud-ovest dal Golfo di Follonica, a nord dalla colline di Montioni e dal monte Arsentì, ad est dalle alture di Massa Marittima e Gavorrano e a sud dai rilievi della zona di Scarlino con quote non superiori ai 597 m s.l.m. del monte d'Almina. Se si prende in considerazione un'area ancora più vasta, l'intero bacino idrografico del fiume Pecora comprende un'area che si estende tra Follonica e Monte d'Alma (Scarlino) a sud, Gavorrano e Massa Marittima ad est, Monte Arsentì e Montebamboli a nord, e Montioni ad ovest. I limiti orografici sono caratterizzati ad ovest da una serie di rilievi che da Poggio Fornello, posto a nord di Follonica, si dirigono verso nord - est, passando per Montioni, fino a raggiungere Montebamboli, separando la Val di Pecora dalla Val di Cornia. Nell'area Montebamboli - Monte Arsentì si trovano le cime più elevate del bacino: Monti Pergolo (494 m s.l.m.) e Monte Arsentì (536 m s.l.m.). Il fianco orientale della valle del Pecora - spartiacque con la Valle del Bruna - è caratterizzato da una serie di colline, che dall'area ad est di Massa Marittima, proseguendo in direzione sud verso Gavorrano - Scarlino, raggiungono il mare in località Portigliani. La fascia collinare che limita il bacino del Pecora si raccorda con gradualità all'area di fondovalle. Questa si presenta ampia e pianeggiante nella parte bassa (Piana di Scarlino), più stretta nella parte medio - alta del bacino. La zona di litorale è a costa bassa e sabbiosa dal Puntone fino a Follonica, ed



alta e rocciosa tra la foce dell'Alma e Portiglioni. Risulta, inoltre, importante definire quanto riportato all'interno del "Accordo di Programma tra Comune di Scarlino – Nuova Solmine SpA – Scarlino Energia Srl – Tioxide Europe Srl – per la progettazione unitaria della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino" che in articolo 2 – Finalità ed Obiettivi dell'Accordo – definisce che il presente accordo ha come finalità la redazione del progetto unitario della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino, così come individuata nel "Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto" approvato con delibera del Consiglio Provinciale n. 17 del 30.06.2006 e secondo quanto rilevato dal Gruppo Scientifico che collabora alle attività di valutazione dello stato di fatto e alla caratterizzazione delle acque, propedeutica alla redazione del progetto.



..... Vecchio corso del Pecora prima delle opere di bonifica del 1830-1850
- - - - - Tratto canalizzato costruito nel 1830-1850 ed abbandonato con le opere successive
(dalla Carta Topografica della Val di Pecora, Atti dell'Accademia, vol. XXVIII)

Figura 2: Bacino Idrografico Fiume Pecora – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella Piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



In particolare il suddetto Piano provinciale individua come "Piana di Scarlino" un'area soggetta a misure di salvaguardia ubicata nei territori comunali di Scarlino e Follonica. Si riporta in figura estratto cartografico con indicazione del limite dell'area della Piana di Scarlino soggetta alle salvaguardie del Piano, limiti comunali, siti in anagrafe e siti in censimento all'interno del Piano Regionale delle Bonifiche e lineamenti idrogeologici (aspetti che verranno approfonditi nel proseguo del documento).

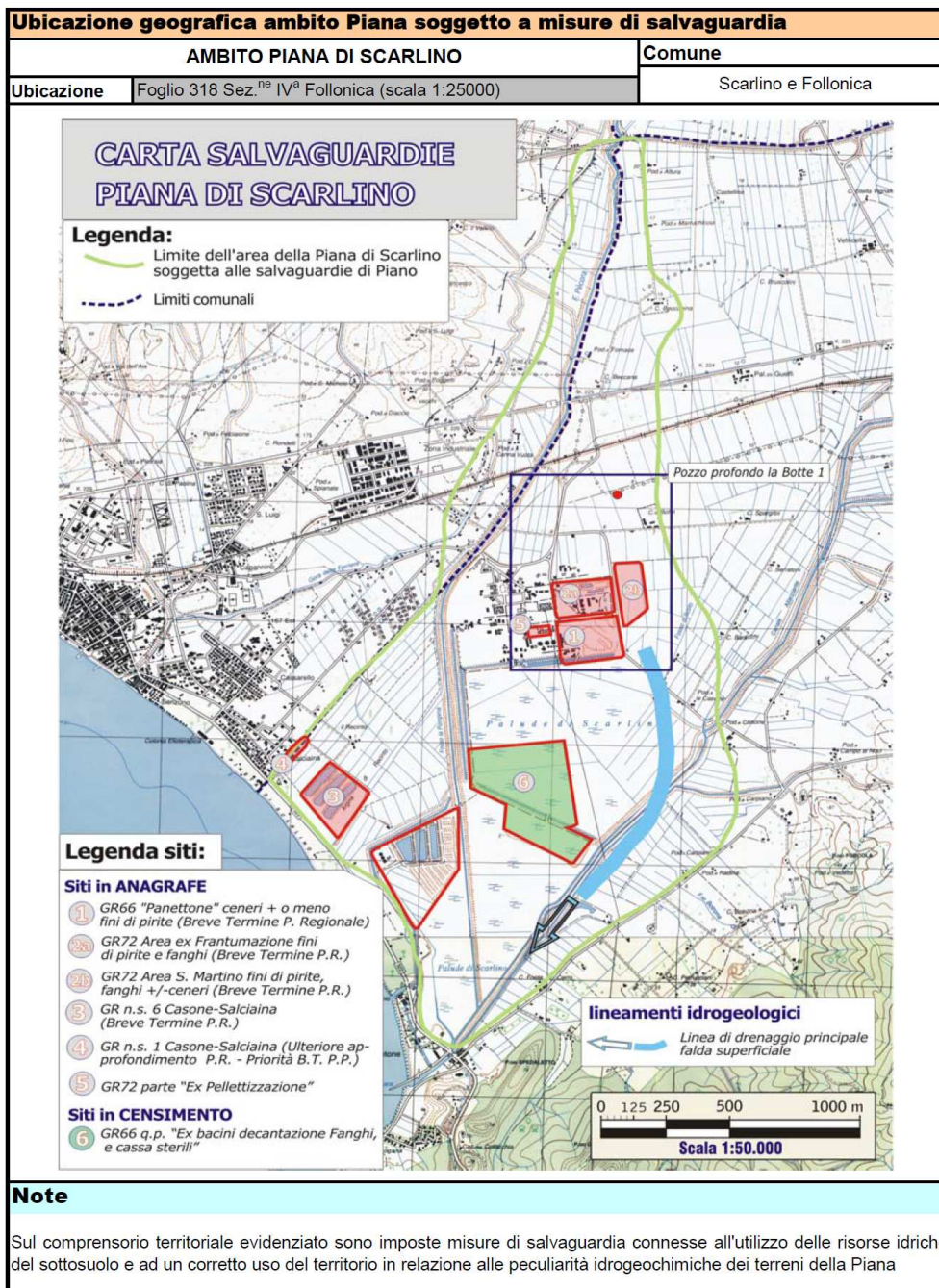


Figura 3: Ubicazione geografica ambito Piana soggetto a misure di salvaguardia – Fonte: Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto (2006)



3. CLIMATOLOGIA

Il clima della Maremma Grossetana, in cui si trova la Piana di Scarlino, è tipicamente mediterraneo, e specificatamente presenta le caratteristiche dell'area tirrenica costiera, con estati caratterizzate da un caldo moderato mitigato dalle brezze marine di maestrale e ponente ed inverni non particolarmente freddi con rari episodi di gelate notturne e mattutine.

Le precipitazioni medie annue variano dai 419 mm del Monte Argentario ai 734 mm che si registrano presso la Fattoria Acquisti; negli altri casi si attestano mediamente tra i 550 e i 650 mm, situazione in cui ricade anche l'area oggetto del presente documento. Tutte le località fanno registrare un minimo estivo ed un picco autunnale più o meno accentuato.

Elemento caratterizzante dell'area è l'eliofania, la durata del soleggiamento, che presenta valori tra i più alti a livello nazionale. I dati riferiti alla stazione di Grosseto, indicano un minimo di circa 4 ore per i mesi di dicembre e gennaio, ed un massimo di circa 10 ore per i mesi di luglio e agosto, con una media annua superiore alle 7 ore giornaliere lungo la fascia costiera, nel tratto compreso tra le foci dell'Ombrone e del Chiarone.

Le temperature rilevate fanno registrare una media termica di 15.7°C a Follonica, e di 14.7°C a Scarlino. I valori di piovosità e temperature comportano periodi sensibilmente aridi nei mesi estivi. In accordo alla classificazione climatica di Thornthwaite ed agli studi di Barazzuoli et al. essa può essere considerata subarida C₁ (indice di umidità globale compreso tra -33,3 e 0).

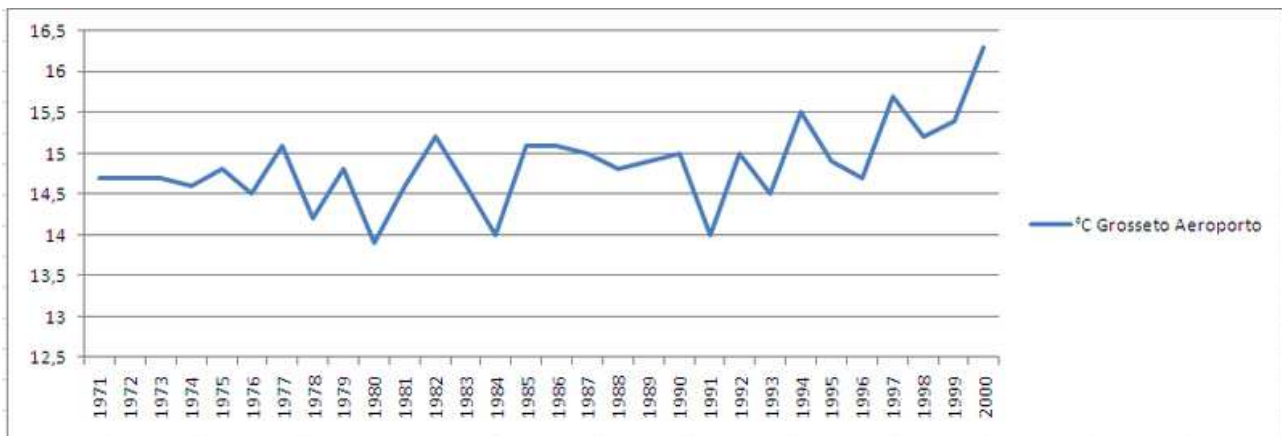


Figura 4: Andamento della temperatura media annua dal 1971 al 2000 - Stazione meteorologica di Grosseto Aeroporto

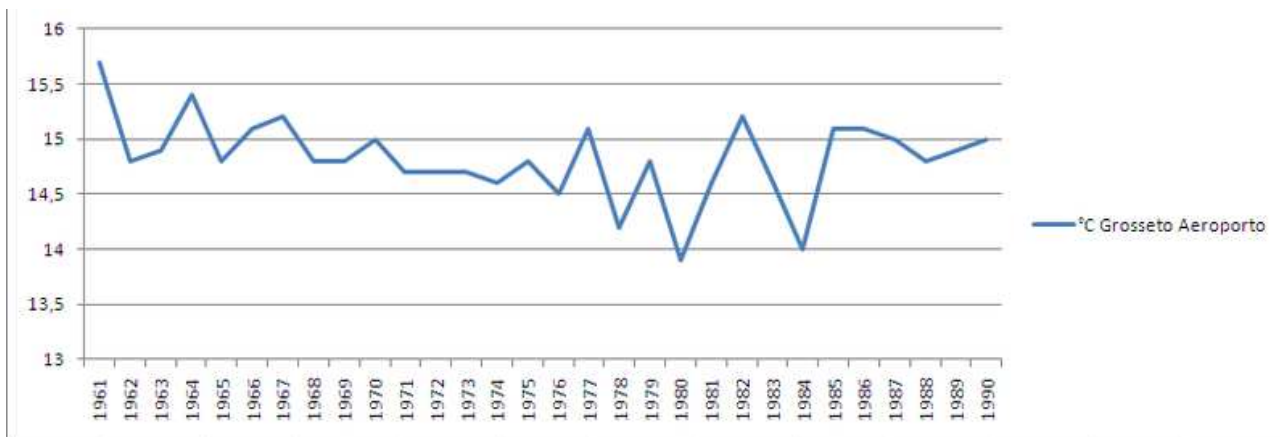


Figura 5: Andamento della temperatura media annua dal 1961 al 1990 - Stazione meteorologica di Grosseto Aeroporto

Per quanto riguarda i venti, I dati forniti dalla stazione di rilevamento di Scarlino Scalo (Associazione Rilevamento Qualità dell'Aria ARQA) come riportati in NUOVA SOLMINE (2002) indicano un andamento dei venti predominanti da Nord e da Nord Est-Est, e subordinatamente Sud Nord-Ovest, nel dettaglio dall'esame dei dati a disposizione presso la stazione di Torre del Sale (periodo di osservazione: 1977-1981), escludendo i venti periodici come le brezze, è possibile osservare la presenza, nella stagione invernale, di due punte massime rispettivamente da Sud (mezzogiorno) e Nord-Est (tramontana e greco). In primavera ed in estate si registrano punte massime con direzione Nord-Ovest (maestro) e Sud (mezzogiorno); infine in autunno prevalgono i venti da Nord ed Est (tramontana, greco e levante). In genere la velocità dei venti si mantiene su valori medio bassi anche se talora può raggiungere oltre 12 m/s.

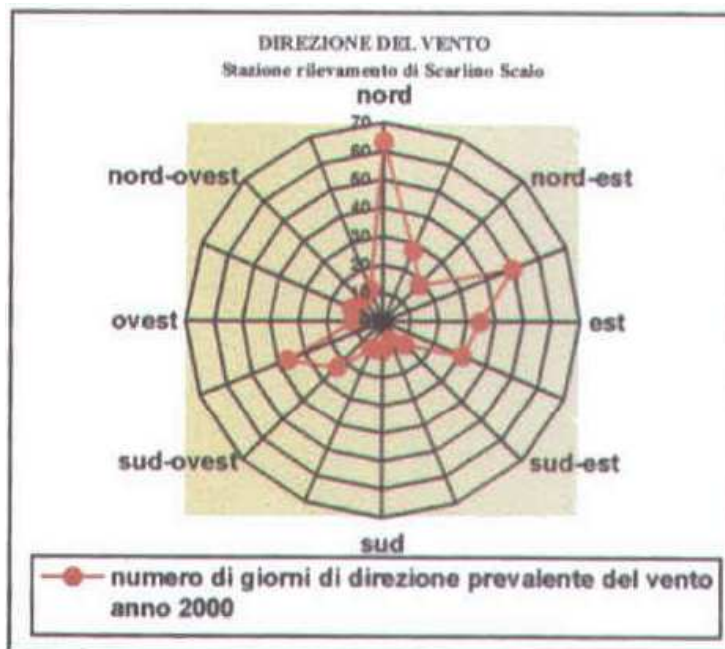


Figura 6: Direzione prevalente e frequenza del vento alla stazione di Scarlino Scalo - Fonte: Nuova Solmine, 2002



4. GEOMORFOLOGIA

L'assetto morfologico della piana di Scarlino è il risultato dei processi geologici avvenuti nel Quaternario e dell'intensa attività di modificazione del territorio avvenuta negli ultimi 150 anni. I più vecchi depositi alluvionali, costituiti da sabbie e ciottolami derivanti dal disfacimento del Macigno e delle Argille a Palombini, si distribuiscono lungo i bordi dell'antico golfo; i terreni alluvionali recenti o attuali, composti in prevalenza da limi con lenti di sabbie e ghiaie, ricoprono totalmente il resto della zona. La costa si presenta quasi ovunque bassa, sabbiosa e costituita da un cordone di dune formato nel Pleistocene da sedimenti fluviali e marini (Bartolini et al., 1977). All'interno della barriera dunare rimase chiuso un lago salato comunicante con il mare la cui estensione nel corso delle epoche storiche è andata progressivamente riducendosi. Abbondanti ed estesi, anche se variabili stagionalmente, dovevano essere i ristagni acquitrinosi che circondavano il lago. Di questa situazione manca, fino all'età moderna e ai primi tentativi di bonifica, un'attendibile e precisa documentazione storica e cartografica. Come verrà analizzato più approfonditamente nel paragrafo dedicato, il lago è stato quasi interamente colmato con le bonifiche lorenese della prima metà del XIX secolo e con quelle d'epoca fascista; resta oggi, nella parte meridionale della pianura, un'area palustre denominata *Padule di Scarlino* nella quale termina il corso del Fiume Pecora. (Baruzzoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Solleolini, 2006).

5. GEOLOGIA

L'area oggetto del presente progetto di bonifica è ubicata in parte nel margine sud-orientale del foglio 119 "Massa Marittima" (Brandi et alii, 1969; Brandi et alii, 1968) ed in quello nord-orientale del foglio 127 "Piombino" (Jacobacci, 1969; Bertini et alii, 1969) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Numerose sono state le ricerche geologiche di vario tipo tra le quali le indagini di Bertini et al. (1969), Gasperi (1970), Mazzanti (1983), Gandolfi e Paganelli, (1990); Costantini et al. (1993), Bossio et al. (1993), Federici e Mazzanti (1995), Saragosa (2000). Il lavoro di analisi e di normalizzazione di limiti e terminologie formazionali svolto da Tanelli et al. (2003) ha permesso di individuare le sottodescritte unità formazionali e complessi:

Basamento Metamorfico: filladi e quarziti del torrente Mersino (Carbonifero sup. – Triassico inf.), quarziti rosa, scisti quarzitici e filladici sericitizzati, di colore grigio – violaceo. Si incontrano a nord del lago dell'Accesa ed a nord della massa granitica di Gavorrano;

Complesso del Dominio Toscano: calcare cavernoso (Triassico medio – Triassico superiore), calcari e calcari dolomitici brecciati e vacuolari, con cellette a superficie spugnosa, talvolta contenenti polvere di dolomia; raramente si incontrano lenti di gesso. Il Calcare Cavernoso affiora su un'area relativamente vasta nei dintorni di Serrabottini e a Gavorrano; piccoli affioramenti si trovano sparsi anche sulle pendici meridionali dei Monte Arsentini;

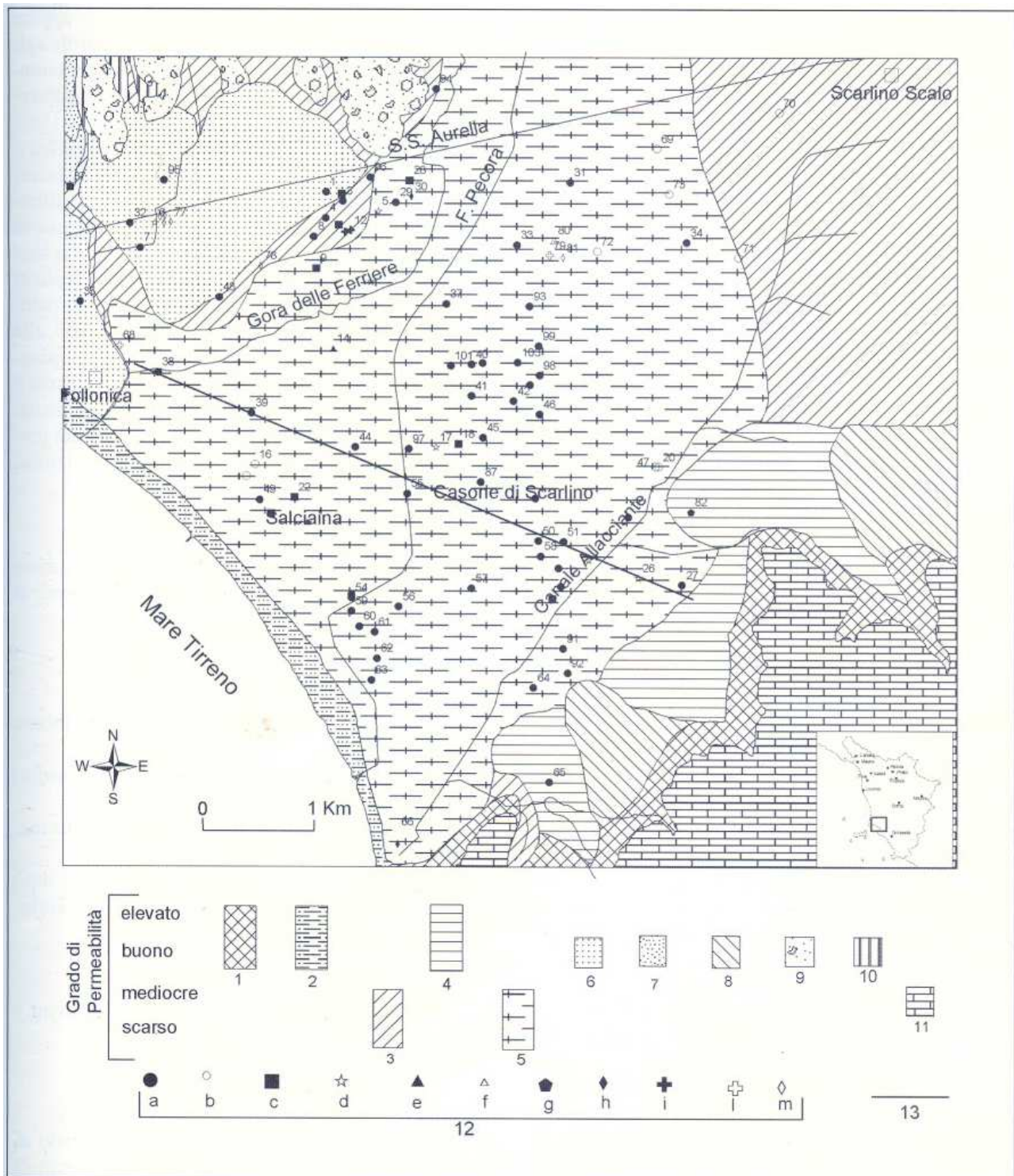


Figura 7: Carta Geologica dell'area studiata con indicazioni sul grado di permeabilità relativa dei terreni affioranti: 1) detriti da disfacimento del Macigno (Olocene); 2) sabbie e dune costiere (Olocene); 3) alluvioni recenti ed attuali (Olocene); 4) conoidi di deiezione (Olocene); 5) terreni di bonifica e depositi palustri (Olocene); 6) Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Pleistocene sup.); 7) Sabbie rosse di Val di Gori (Pleistocene medio); 10) Conglomerato di Montebamboli (Miocene sup.); 11) Macigno del Chianti (Oligocene) – Fonte: Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006)



Formazioni carbonati che – argilloso – silicee: (Hettangiano – Cretaceo sup.), sono rappresentati in prevalenza dalla formazione del Calcarea massiccio, ed in misura più limitata dal Rosso Ammonitico, Calcari grigi con selce, Marne a Posidonia, Diaspri e Maiolica. Affiorano ad est e sud di Gavorrano;

Scisti policromi: (Cretaceo sup. – Oligocene), formazione caratterizzata da alternanza di calcari marnosi e marne di colore rosso ed argille siltose rosse e verdi finemente fogliettate alle quali si intercalano piccoli strati di calcari silicei, radiolariti e sporadici livelli di selce scura. Affioramenti estesi si rinvengono nella zona di Montioni e piccoli lembi a sud di Gavorrano;

Macigno: (Oligocene superiore), arenarie quarzose – micacee – feldspatiche a cemento argilloso – marnoso, associate ad argille siltose con rari interstrati calcarenitici. Quasi tutte le alture collinari tra Scarlino e Gavorrano sono costituite da Macigno;

Complesso del Dominio Austro – Alpino: argille siltose (Cretaceo superiore), argille siltose con rare intercalazioni di calcari, calcareniti, marne e arenarie. Affiorano nella zona di Montioni ed a sud di Massa Marittima;

Complesso del Dominio Ligure: gabbri alterati e serpenti nati, diaspri e calcari a Calpionella (Cretaceo inferiore – Giurassico superiore), nelle località C.Santa Laura e Podere Pelagone, a est di Cura Nuova, affiorano lembi scompaginati della cosiddetta Serie Ofiolitifera, composta da gabbri alterati e serpentizzati, diaspri e scisti silicei rossastri, calcari biancastri con intercalazioni di scisti argilloso – marnosi, talora talcosi, ed arenarie;

Complesso del Dominio Ligure: calcari, calcari marnosi, calcareniti, brecciole e marne (Cretaceo medio-superiore), questi sedimenti affiorano a sud di Gavorrano, e costituiscono tutte le alture di Poggio Palone e dintorni;

Complesso del Dominio Ligure: argilli e calcari a Palombini (Cretaceo inferiore e Eocene superiore), Argille siltose di colore variabile, generalmente grigio scuro, alle quali si intercalano strati di calcari silicei di vario spessore e subordinatamente arenarie quarzose a cemento calcareo. Ascrivibili a questo complesso sono tutte le alture che separano il bacino del Fiume Pecora da quello del Fiume Cornia e tutta l'area del gruppo collinare che va da Forni di Gavorrano a Massa Marittima. È la formazione arealmente più diffusa nel bacino;

Rocce magmatiche e mineralizzazioni idrotermali: quarzomonzonite di Gavorrano e mineralizzazioni idrotermali (Pliocene inferiore), l'intrusione di Gavorrano è costituita da una roccia quarzomonzonitica che si presenta di colore grigio chiaro e biancastro con zone rosate per ossidazione. In varie località della Val Pecora si rinvengono varie tipologie di mineralizzazioni, in particolare filoni idrotermali a ganga prevalentemente quarzosa con solfuri misti;

Complesso neautoctono: conglomerati di Montebamboli (Miocene superiore – Pliocene inferiore), formazione di ambiente continentale fluviale prevalentemente conglomeratica con letti arenacei, siltosi, argillosi e presenza di lignite. La stratificazione è per lo più lenticolare. Si tratta di un conglomerato poligenico ad elementi che raggiungono i 30 – 40 cm di diametro, immersi in una matrice argilloso – sabbiosa. I ciottoli che costituiscono questi sedimenti sono ben arrotondati, spesso coperti da patine bruno – rossastre e costituiti da tipi litologici (prevalentemente calcarei ed arenacei) provenienti dai complessi liguridi e, subordinatamente, dalle formazioni più recenti della Serie Toscana. La presenza di rari ciottoli di eurite e di porfido granitico simili a quelli degli affioramenti elbani, testimonia l'esistenza di un ampio reticolo idrografico che al tempo si irradiava dall'Isola d'Elba. I conglomerati di Montebamboli affiorano nell'area



Montebamboli – Marsiliana, e, a sud di Montioni, sulle pendici centrali e sui versanti che degradano verso la pianura del Pecora. Vasti affioramenti si rinvencono anche ad est di Cura Nuova ed a nord di Gavorrano;

Complesso neoautoctono: argille azzurre marine (Pliocene inferiore o medio), Questa formazione è costituita da argille grigio – cenere di ambiente marino, alle quali si trovano intercalati numerosi banchi e strati lenticolari di conglomerati. Piccoli affioramenti sono presenti in prossimità di Montebamboli, Ravi e a sud di Fenice Capanne;

Complesso neoautoctono: travertini antichi (Pleistocene superiore), il colle su cui sorge Massa Marittima è interamente costituito da travertino; due piccoli lembi affiorano anche sul Monte Arsentini;

Complesso neoautoctono: travertini recenti (Pleistocene superiore), nella parte centro – settentrionale del territorio emergono vasti affioramenti di travertino recente: un'ampia piattaforma si osserva nel Piano di Padule e nell'area situata tra Valpiana e Cura Nuova. Questi travertini hanno una giacitura che li indica coevi o posteriori ai travertini di Massa Marittima, per cui la loro età relativa è attribuibile al Pleistocene superiore/attuale;

Complesso neoautoctono: depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio), i versanti della parte centrale della valle presentano delle spianate costituite da depositi alluvionali terrazzati, costituiti da conglomerati arrossati, derivanti da antiche conoidi o da depositi marini terrazzati. Questi emergono intorno alla zona Fattoria della Marsiliana – Poggio di Checco, e nell'area che da Cura Nuova si estende verso Podere San Giovanni e Poggio Vaccarino, in direzione nord;

Complesso neoautoctono: conglomerati di Podere San Luigi (Pleistocene medio), La formazione, di origine fluviale proveniente prevalentemente dal disfacimento dei sedimenti flyschoidi, è costituita da ciottoli a scarsa matrice sabbiosa, talora travertinosi, di una sorta di sabbia grumoso - calcarea tenera ma agglutinante, bianco gialla con impronte di foglie e frustoli carboniosi. Contiene molti ciottoli del Conglomerato di Montebamboli "riciclati". La formazione si presenta terrazzata prevalentemente lungo i bordi dell'antico golfo di Follonica. In particolare, il fianco sud – est delle colline di Riotorto da Casa Rondelli fino, principalmente, a Casa il Tesorino è occupato da un largo terrazzo fluviale. Questo continua per alcuni chilometri a monte della stessa Casa il Tesorino sulle rive destra e sinistra del Pecora con affioramenti molto più ristretti. I medesimi sedimenti costituiscono affioramenti con superfici sub – pianeggianti lungo il bordo orientale e la parte più interna della pianura compresa fra Cura Nuova e Forni di Gavorrano;

Complesso neoautoctono: sabbie (Pleistocene medio – superiore), le vallecicole che si aprono sulle basse pendici ed i fianchi dei Monti di Gavorrano rivolti verso la Piana di Scarlino sono tappezzate da sabbie più o meno fini, rosse o rosso – arancio, con intercalazioni di ciottoli e brecce a vari livelli. Affiorano anche nella zona subito a nord di Follonica. Queste sabbie sono di ambiente continentale, variabile tra l'eolico, il colluviale e quello di piana di esondazione fluviale; si rinvencono anche al di sopra di conoidi di deiezione. Depositi sabbiosi costituiscono le dune costiere del litorale;

Complesso neoautoctono: depositi alluvionali attuali e recenti, si trovano nella bassa valle del Pecora e nell'area subito ad ovest di Massa Marittima;

Complesso neoautoctono: depositi palustri attuali e recenti, limi argillosi e sabbiosi con livelli e lenti ciottolosi, sono presenti nella Piana di Scarlino.

In particolare, secondo lo studio di Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini (2006), le unità litostratigrafiche presenti nell'area interessata dal progetto, secondo un ordine di sovrapposizione dall'alto al basso, sono:



- **Depositi olocenici:** terreni di bonifica, coperture detritiche, sabbie e dune costiere, alluvioni recenti ed attuali, conoidi di deiezione, depositi palustri;
- **Successione neoautoctona:** sabbie rosso-arancio di Donoratico, sabbie rosse di Val di Gori, alluvioni antiche, conglomerato di Podere San Luigi, conglomerato di Montebamboli, depositi lacustri, marini e di lago – mare;
- **Formazioni di facies ligure:** argille con Calcari a Palombini;
- **Formazioni di facies toscana:** Macigno del Chianti.

Per l'area industriale "Il Casone" ubicata nella Piana di Scarlino esistono dati sito specifici elaborati durante i numerosi piani di investigazione qui condotti che forniscono informazioni di dettaglio sulla geologia e l'idrogeologia della zona produttiva. Le indagini svolte per la caratterizzazione ambientale di alcune delle aree del Casone svolte a cura della società Environ per conto di Syndial ed illustrate nel documento "Caratterizzazione integrativa dello stabilimento Syndial di Scarlino (GR)" del novembre 2006, hanno permesso di giungere ad una ricostruzione stratigrafica dei depositi presenti al di sotto del sito ed in aree limitrofe fino ad una profondità di circa 20-25 metri da p.c. I sondaggi realizzati hanno mostrato la presenza di depositi di tipo alluvionale a prevalente composizione limoso-argillosa alternati a livelli a granulometria più grossolana (sabbie e ghiaie variamente intercalate). Oltre a ciò, i n. 5 sondaggi realizzati successivamente da ambiente sc mediante carotaggio continuo fino alla profondità di 50 metri da p.c. ed allestiti a piezometro in corrispondenza del terzo livello acquifero, hanno permesso di integrare le informazioni pregresse.

I principali orizzonti individuati nell'area:

- 0 – 1/3 m : terreno di riporto, costituito da sabbia ghiaiosa, sabbia limosa, sabbia debolmente limosa con ghiaia eterometrica, o limo sabbioso;
- 1/3 m – 3/4 m: argille, a tratti debolmente limose e consistenti, generalmente di colore marrone con frequenti strie nerastre e macchie arancioni. Lo spessore è variabile in funzione delle paleomorfologia dell'area con locali interdigitazioni ed intercalazioni lentiformi di natura limoso-sabbiosa color marrone ocra;
- 3/4 m – 8 m: sabbie medio-fini limose color marrone chiaro. A luoghi si ritrovano episodi o livelli sabbiosi più grossolani passanti a ghiaia sabbiosa con clasti irregolari centimetrici.;
- 8 - 14 m: alternanza di argille vari colori, marroni con striature grigie chiaro, ocra e rossastre a tratti molto consistenti, e di argille marrone ocra, con all'interno granuli neri, al letto sono presenti orizzonti fossiliferi con gusci interi o frantumati di conchiglie e di resti vegetali;
- 14 – 19 m: sabbie e ghiaie eterometriche debolmente limose, di spessore medio di circa 3 metri e colore grigiastro, con resti di molluschi;
- 19 – 21/25 m: alternanza di argille da mediamente a poco consistenti, grigio scure e marroni, ricche di gusci interi o frantumati di conchiglie e di resti vegetali;
- 21/25 – 26/29 m: sabbie e ghiaie eterometriche a tratti debolmente limose di potenza media pari a circa 5 metri;
- 26/29 – 30/32: argille a tratti debolmente limose e consistenti, generalmente di colore marrone;
- 30/32 – 50: sabbie e ghiaie di colore marrone e granulometria mediamente maggiore rispetto ai livelli sovrastanti. Lo spessore completo di questo strato non è stato accertato.



Tale suddivisione stratigrafica sebbene fortemente sito specifica rispetto alla totalità della Piana di Scarlino risulta, comunque, strettamente connessa all'inquadramento di area vasta precedentemente presentato.

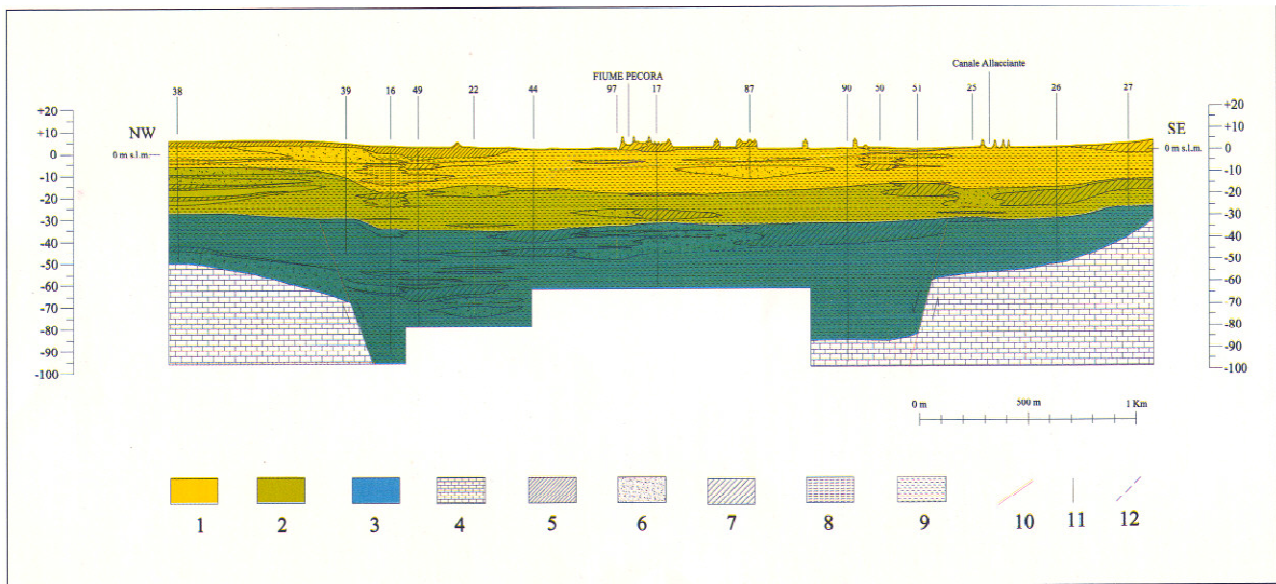


Figura 8: Sezione geologica schematica: 1) Olocene; 2) Pleistocene sup.; 3) Tortoniano sup. – Messiniano sup.; 4) substrato preneogenico; 5) depositi superficiali di varia natura (suoli, detriti, ecc.); 6) sabbie e ghiaie pulite; 7) sabbie e ghiaie in matrice argilloso – limosa; 8) litologie prevalentemente limose; 9) litologie prevalentemente argillose – Fonte: Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006)

6. EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA

Si riporta qua una sintesi dell'evoluzione paleogeografica dell'area per la cui analisi completa si rimanda allo studio di Tanelli et al. (2003). L'assetto stratigrafico strutturale dei complessi formazionali che affiorano nella valle del Pecora riflettono l'evoluzione geologica della Toscana meridionale. Questa rappresenta un tratto della catena paleo-appenninica corrugatasi nell'intervallo Oligocene superiore - Miocene inferiore per la collisione dei due margini delle placche continentali europea ed africana (microplacca Adria). Dopo le ultime fasi di tettonica compressiva, che nell'area in esame si concluse nel Tortoniano, si formarono delle lunghe depressioni entro le quali, inizialmente, trovarono la loro naturale collocazione ampi bacini lacustri e più tardi vi trasgredì il mare. Tra la fine del Miocene e l'inizio del Pliocene nell'area in esame si ebbe una regressione marina generalizzata e solo piccoli bacini ristretti rimasero occupati dalle acque marine o salmastre. Durante il Miocene superiore ed il Pliocene inferiore nella zona in esame si ebbe la risalita e messa in posto dello stock granitico di Gavorrano al quale sono associati estesi fenomeni di metamorfismo e minerogenesi. Durante il Pleistocene inferiore si determinò un generale ritiro del mare, come dimostrato dalla mancanza di sedimenti marini del Pliocene superiore. Nel Quaternario il ripetersi di più cicli di glaciazione intervallati da fasi interglaciali, provoca delle forti oscillazioni eustatiche del livello del mare che provocarono un'intensa azione di erosione fluviale. Fra il IV ed il II secolo a.C. lungo il litorale di Follonica, il livello del mare doveva essere 1-2 m più basso di quello attuale come indicato dalla giacitura delle discariche di scorie della lavorazione del ferro. La situazione della pianura del Pecora non sembra sostanzialmente cambiare fino al





1830 (epoca di inizio delle bonifiche) se non nel senso di un passaggio molto lento dallo stato di laguna a quello di palude (Federici & Mazzanti, 1995).

LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICA

COMPLESSO NEOAUTOCTONO

	Disc	Discariche minerarie
	dt	Detriti Olocene
	p3	Depositi palustri attuali o recenti Olocene
	a	Depositi alluvionali attuali o recenti Olocene
	s2	Sabbie Pleistocene sup. - medio
	f2	Conglomerati Pod. S. Luigi Pleistocene medio
	at	Depositi alluvionali terrazzati Pleistocene medio
	t1	Travertini recenti Pleistocene sup. / attuale
	t2	Travertini antichi Pleistocene sup.
	Pag	Argille azzurre marine Pleistocene inf. - medio
	Cgm	Conglomerato di Monte Bambini Miocene sup. - Pliocene inf.


ROCCE MAGMATICHE E MINERALIZZAZIONI IDROTHERMALI

	qm	Quarzomonzonite di Gavorrano Pliocene inf. (4,9Ma)
	fq	Alterazioni idrotermali





COMPLESSO DEL DOMINIO LIGURE

	ap	Argille e Calcari a Palombini Cretacico inf. - Eocene sup.
	Cmb	Calcari, calcari marnosi e marne Cretacico medio - sup.
	di	Gabbri alterati e serpentizzati Giurassico sup. - Cretacico inf.


COMPLESSO DEL DOMINIO AUSTRO-ALPINO

	Cag	Argille siltose Cretacico sup.
---	-----	-----------------------------------

COMPLESSO DEL DOMINIO TOSCANO

	mg	Macigno Oligocene sup.
	sp	Scisti policromi Cretacico sup. - Oligocene
	G1	Calcere Massiccio Giurassico inf. - Cretacico inf.
	Tcv	Formazioni carbonatiche-argillose-silicee (Calcere Cavernoso, ecc.) Triassico medio - sup.

BASAMENTO METAMORFICO

	Ssh	Filladi e Quarziti del T. Mersino Carbonifero sup. - Trias inf.
---	-----	--

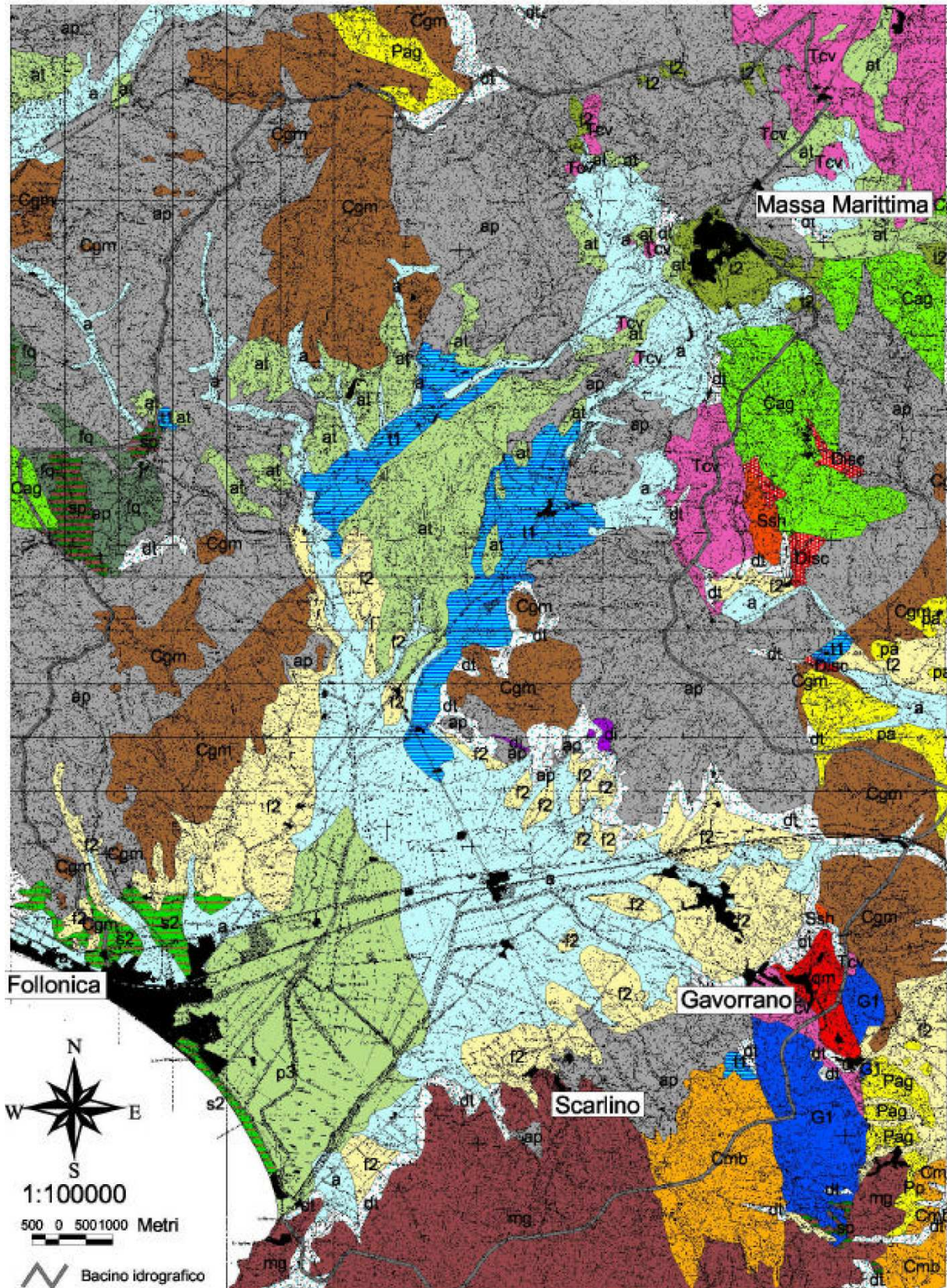


Figura 9: Carta Geologica schematica del bacino del Fiume Pecora – Fonte : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



7. GIACIMENTOLOGIA

In base agli studi di Tanelli et al.(2003) e agli studi precedenti citati nel lavoro stesso, la zona oggetto di studio è stata interessata dalla coltivazione delle mineralizzazioni a pirite di Gavorrano, Niccioleta, Boccheggiano e Campiano e le mineralizzazioni a solfuri misti dei dintorni di Massa Marittima, sia perché ricadenti all'interno del bacino del Fiume Pecora, sia perché trattate industrialmente nell'area di Scarlino. In base ai loro caratteri giaciturali, questi depositi possono essere suddivisi in tre classi principali (Tanelli, 1977; Tanelli e Lattanzi, 1983; Lattanzi e Tanelli, 1985):

- **Mineralizzazioni associate a lenti solfato – carbonatiche incluse nella Formazione delle Filladi e quarziti del torrente Mersino.** Sono costituite da corpi concordanti a pirite massiva, che sono associati alle lenti di solfati-carbonati e skarn entro i terreni quarzoso - filladici del basamento toscano (Filladi e quarziti del torrente Mersino). A questo gruppo appartengono i giacimenti di Niccioleta profondo e Campiano profondo;
- **Mineralizzazioni poste al contatto Filladi quarziti del torrente Mersino – Calcare Cavernoso.** Sono costituite da mineralizzazioni massive parzialmente associate con la formazione calcareo – dolomitica del Triassico superiore (Calcare Cavernoso), al suo contatto con le Filladi e quarziti del torrente Mersino e, occasionalmente, con i sedimenti triassici del Verrucano. (Niccioleta superiore, Boccheggiano, Gavorrano);
- **Mineralizzazioni associate a dislocazioni appenniniche.** È questa la tipica giacitura delle mineralizzazioni polimetalliche a solfuri misti, ed occasionalmente di limitate e modeste mineralizzazioni a pirite.

Fra i 5 e i 4 milioni di anni si è avuta la formazione di depositi polimetallici a solfuri di Rame, Piombo e Zinco, nonché il metamorfismo e le mobilizzazioni delle masse a pirite, durante il Pliocene ed il Quaternario, in conseguenza della rimozione erosiva delle loro coperture rocciose, vengono parzialmente a giorno sia i giacimenti a pirite che quelli a Rame, Piombo, Zinco, e subiscono fenomeni di alterazione esogena.



LOCALITA'	MINERALOGIA
(sito n.15) Podere Bruscoline, P.Vecchione, P.Sugherine, Monte Arsentì	galena, blenda, tetraedrite, calcopirite, pirite, covellina, limonite, smithsonite, marcasite, malachite, azzurrite, cerussite, calcite, quarzo, gesso, fluorite.
(sito n.18) Molinpresso – La Muccaia	calcopirite, pirite, quarzo, galena, minerali di antimonio, blenda, limonite.
(sito n.19) La Speziala – P.Altini	galena, blenda, pirite, calcopirite, calamina, limonite, calcite, quarzo.
(sito n.20) Poggio Benedetto	galena, blenda
(sito n.22) Poggio alle Vedette – Poggio Donzellino – Poggio Rigalloro – Poggio Ventura	calcopirite, pirite, blenda, galena, malachite, calamina, limonite, calcite, quarzo, ortoclasio, caolinite.
(sito n.32) Montioni	alunite, melanterite, anidrite, zolfo, caolinite, jarosite, cinabro, ossidi di ferro e di manganese, quarzo.
(sito n.58) Castelborello-Scabbiano	calcopirite, galena, blenda, pirite, stibina, limonite, cuprite, malachite, quarzo, calcite.
(sito n.87) Casa Bianca – Podere S.Ansano	kermesite, altri minerali di antimonio, pirrotina, pirite, quarzo.
(sito n.88) Gavorrano – Rigoloccio – Massa Boccheggiano – Valmaggiore	pirite, pirrotina, limonite, calcopirite, blenda, galena, magnetite, cassiterite, tetraedrite, stibina, berthierite, realgar, marcasite, melanterite, quarzo, calcite, dolomite, clorite, diopside, granato, ilvaite, fluorite, barite, siderite, feldspati, vesuvianite, tremolite, wollastonite.

Tabella 1: Mineralizzazioni presenti nell'attuale bacino idrografico del Pecora, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



LOCALITA'	MINERALOGIA
(sito n.17) Niccioleta-Valdaspra	pirite, magnetite, pirrotina, ematite, calcopirite, sfalerite, galena, arsenopirite, stibina, marcasite, tetraedrite, enargite, solfosali piomboantimoniferi, goethite, cerussite, malachite, zolfo, melanterite, goslarite, cotunnite, anidrite, calcite, dolomite, gesso, quarzo, barite, hedenbergite.
(sito n.16) Monte Gai – F. Stregajo – P.Serpieri	Galena, calcopirite, tetraedrite, blenda, pirite, ematite, magnetite, arsenopirite, pirrotina, smithsonite, malachite, auricalcite, limonite, quarzo, gesso, fluorite.
(sito n. 21) Poggio al Montone – La Castellaccia	Blenda, galena, calcopirite, pirite, calamina, smithsonite, limonite, quarzo, calcite.
(sito n.28) Poggio Dolago – Pod.Migliarina – Monte S.Croce	Galena, blenda, tetraedrite, pirite, limonite, calamina, calcite, fluorite, quarzo.
(sito n.29) Bugettaie– Mandriacce	Galena, calcopirite, blenda, tetraedrite, pirite, argentite, limonite, calamina, malachite, azzurrite, covellina, cerussite, calcite, quarzo.
(sito n.56) Fontalcinaldo	Pirite, ematite, magnetite, blenda, galena, calcopirite, marcasite, stibina, siderite, limonite, covellina, malachite, farmacosiderite, copiapite, quarzo, gesso, anidrite.
(sito n.57) Prata – P. Sciamagna – C. Carbonaie	Galena, calcopirite, pirite, blenda, ematite, limonite, smithsonite, calamina, calcite, quarzo, gesso.

Tabella 2: Mineralizzazioni presenti nell'area un tempo inclusa nel bacino idrografico del Pecora, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)

LOCALITA'	MINERALOGIA
(sito n.71) Boccheggiano - Campiano	pirite, ematite, magnetite, pirrotina, galena, sfalerite, calcopirite, arsenopirite, tetraedrite, marcasite, bismutina, stannite, cassiterite, kesterite, limonite, quarzo, anidrite, calcite, barite.
(sito n.17) Niccioleta-Valdaspra	Vedi Tabella 2.4.2
(sito n.88) Gavorrano – Rigoloccio – Massa Boccheggiano – Valmaggiore	Vedi Tabella 2.4.1

Tabella 3: Mineralizzazioni essenzialmente a pirite, trattate negli impianti di scarlino, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)

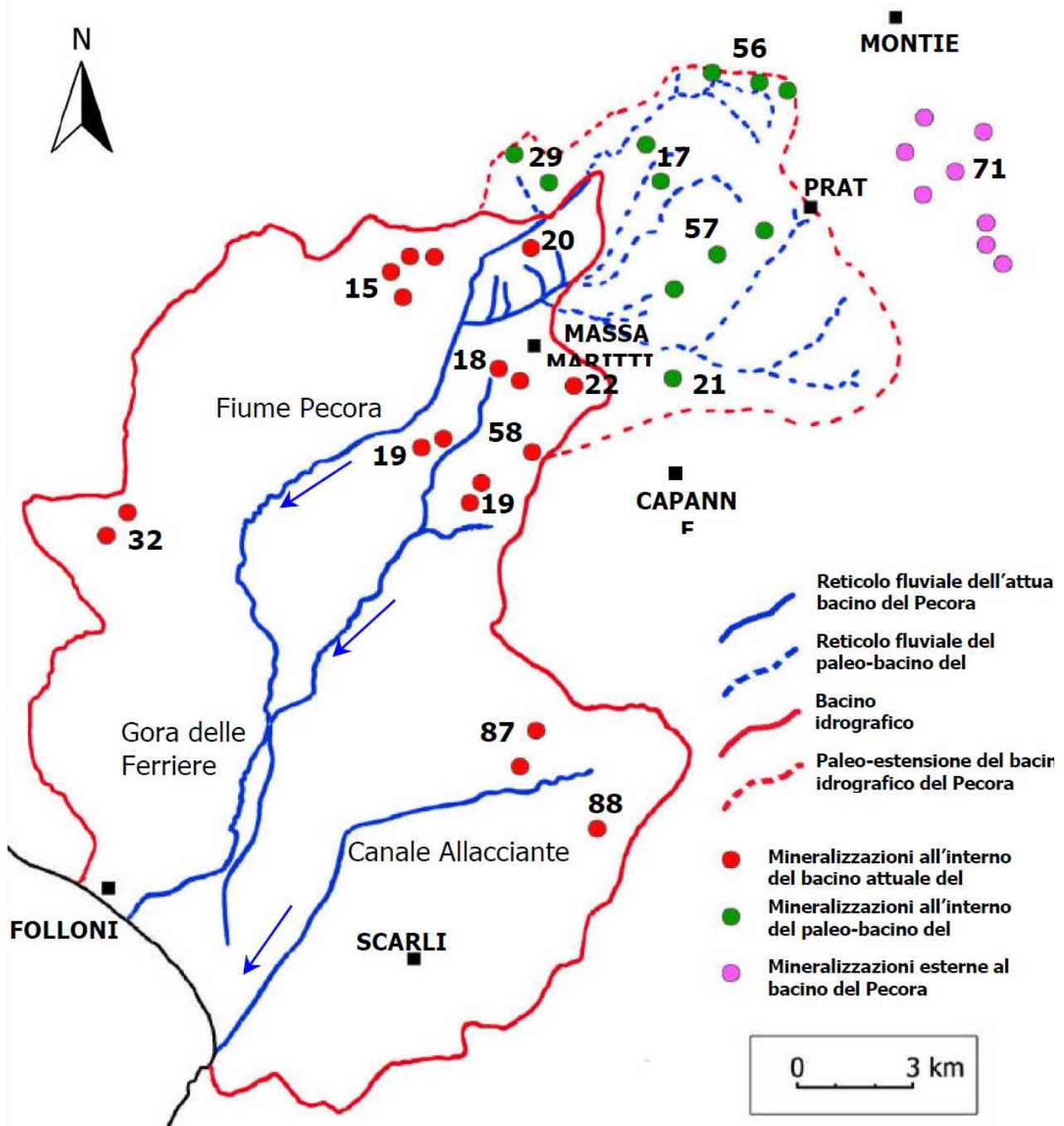


Figura 10: Bacino idrografico attuale del Pecora e limiti del possibile paleo – bacino idrografico (secondo Tongiorgi, 1957) – Fonte : : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



8. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

I corsi d'acqua più importanti del bacino idrografico della Val di Pecora sono: il Fiume Pecora ed il Canale Allacciante, che hanno un alveo pensile sulla piana di Scarlino, ed il Torrente Gora delle Ferriere.

Il Fiume Pecora nasce dal Monte Arsentì, ad una quota di circa 400 metri s.l.m, scende a valle prima in direzione sud-ovest e, dopo una curva a sinistra, verso sud dove forma l'omonima piana tra Follonica, Gavorrano e Scarlino, e, dopo un percorso di circa 25 km in direzione sud – ovest, sfocia nel Padule di Scarlino.



Figura 11: Piana di Scarlino, tratto terminale, dal colle di Scarlino

Il Canale Allacciante scavato durante le opere di bonifica raccoglie le acque provenienti dal versante Gavorrano – Scarlino, e sfocia in mare presso la località Puntone. Il torrente Gora delle Ferriere si forma dalla confluenza dei torrenti Fosso Venelle e Fosso Ronna (o Aronna), a Valpiana; sbocca in mare a Follonica. In esso confluiscono diversi torrenti delle colline follonichesi e del tratto Massa Marittima - Cura Nuova. Il bacino idrografico del Pecora occupa un'area di circa 250 km².

Secondo Tongiorgi (1957) nel corso del Quaternario parte degli affluenti settentrionali del Pecora sono stati catturati da corsi d'acqua oggi afferenti al Fiume Cornia e al Fiume Bruna. In particolare, il Fosso Zanca ed il Torrente Carsia (tributari del Bruna), e il Fosso Ritorto (affluente del Cornia), che drenano l'area mineralizzata di Niccioleta, è possibile che confluissero durante il Quaternario nel Fiume Pecora, trasportando quindi sedimenti in quest'area (**Figura 10**).

Il Fiume Pecora è caratterizzato da portate minime assai ridotte nel corso dell'anno, fino alla completa siccità nei periodi più sfavorevoli; l'unico importante sostegno alle portate di magra era originariamente costituito dalle acque scaturite dalle sorgenti Venelle, Aronna e Carrareccia, aventi oggi una portata media rispettivamente di 0, 160 e 42 l/s (Liberati, 2001), che sono originate dall'affioramento della superficie piezometrica di un serbatoio profondo in corrispondenza di linee preferenziali di risalita come faglie o fratture e che costituiscono una delle principali zone di recapito della circolazione idrica contenuta nelle successione



prevalentemente carbonatica affiorante nei rilievi a nord-est di Massa Marittima (Deferrari e Lotti, 1886; Calore et al. 1990). In tempi moderni queste acque sono state raccolte nella Gora delle Ferriere per essere utilizzate dalle acciaierie di Follonica, tra le principali d'Italia a metà del XIX secolo, attualmente esse vengono impiegate nei processi dell'area industriale in loc. Casone di Scarlino.

Ai fini idrogeologici i terreni presenti nell'area in esame possono essere raggruppati in base alla loro permeabilità in due complessi (Costantini et al., 1993):

- Complesso quaternario, costituito da depositi sciolti o scarsamente cementati, a prevalente permeabilità primaria, per porosità interstiziale, molto alta in alcuni livelli sabbiosi-ghiaiosi;
- Complesso pre – quaternario, costituito da formazioni diagenizzate, a prevalente permeabilità secondaria, per fratturazione, o mista.

Tali formazioni presentano un vario grado di permeabilità: *buono* per il Conglomerato di Montebamboli, il Conglomerato di Podere San Luigi, le Alluvioni antiche, le Sabbie rosse di Val di Gori e le Sabbie rosso-arancio di Donoratico; *mediocre* per il Macigno del Chianti; *scarsa* per le Argille con Calcari a Palombini ed i Depositi lacustri, marini e di lago-mare. I depositi olocenici possono essere suddivisi tra quelli a permeabilità medio-alta (sabbie e dune costiere, coperture detritiche, conoidi di deiezione) e quelli a permeabilità da bassa a praticamente nulla (terreni di bonifica, alluvioni recenti ed attuali, depositi palustri) (Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini, 2006).

Il sottosuolo della Piana di Scarlino è stato esplorato da numerosi pozzi scavati per usi idropotabili, industriali ed agricoli, e le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono state oggetto di vari studi commissionati sia da enti pubblici sia da aziende private che hanno insediamenti produttivi sul territorio. Solo nella campagna freatimetrica condotta contestualmente alla redazione del presente progetto, che verrà trattata in seguito, ne sono stati ricercati e indagati più di 200.

I vari studi condotti e i dati disponibili hanno permesso di individuare la presenza di un acquifero miocenico e quaternario costituito da più livelli sabbioso-ghiaiosi solitamente separati da depositi argillosi con percentuali variabili di limi e/o sabbie; tali livelli risultano talvolta dotati di elevata continuità e spessore ma spesso si presentano con aspetto lentiforme inglobati in una predominante litologia argillosa. Questa situazione non consente un'efficiente continuità naturale tra i vari orizzonti produttivi che nel loro insieme possono essere considerati un complesso acquifero multi falda (Castany & Margat, 1977).

I livelli permeabili olocenici mostrano frequentemente un andamento lenticolare con spessori medi di 2-4 metri e massimi di 6-8 metri nel settore centrale della pianura. I depositi pleistocenici sono costituiti prevalentemente dalle Sabbie rosso-arancio di Donoratico in cui sono localmente individuabili tre intercalazioni di sabbie più o meno ghiaiose con ciottoli di arenaria; i relativi orizzonti produttivi hanno potenze medie di 7-9 metri ed assumono gli spessori maggiori, fino a 25 metri, nella fascia orientata NE-SW tra Follonica e la Strada Statale Aurelia. I depositi miocenici contengono livelli permeabili simili ai precedenti, sia per andamento che per potenza media; gli spessori maggiori, anche superiori ai 20 metri si ritrovano nel settore ENE di Follonica. Gli orizzonti produttivi tendono ad approfondirsi verso la costa, questo complesso acquifero poggia su di un substrato di bassa permeabilità costituito da formazioni preneogeniche, che nella pianura sono state individuate in sondaggio alla profondità massima di 180 metri (Argille a Palombini) (Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini, 2006).

Analogamente a quanto dettagliato nel paragrafo dedicato all'inquadramento geologico, anche per l'inquadramento idrogeologico dell'area vasta risultano essere utili indicazioni i dati sito specifici raccolti



durante le numerose campagne di indagine condotte in porzioni differenti degli insediamenti industriali del Casone. In particolare si prendono in analisi le indagini svolte per la caratterizzazione ambientale a cura della società Environ per conto di Syndial ed illustrate nel documento “Caratterizzazione integrativa dello stabilimento Syndial di Scarlino (GR)” del novembre 2006. I sondaggi realizzati e i piezometri allestiti hanno mostrato, a scala di sito, situazione schematizzabile con una certa omogeneità dei rapporti stratigrafici ed interpretata mediante il riconoscimento di quattro differenti livelli acquiferi all’interno dei primi 50 metri di profondità da piano campagna. Di questi il primo risulta impostato nei depositi a granulometria prevalente sabbiosa presenti a varie profondità, ma comunque generalmente comprese fra i 6 ed i 10 metri da p.c., il secondo risulta impostato in un livello acquifero più profondo caratterizzato da terreni a granulometria sabbioso-ghiaiosa con potenza generalmente metrica (in genera tra i 15 e 18m) ed una maggiore continuità laterale, il terzo è impostato nei terreni sabbiosi e ghiaiosi presenti a profondità compresa fra i 21 ed i 29 metri di profondità e spessore medio pari a circa 5 metri, mentre il quarto si imposta all’interno di depositi ghiaioso sabbiosi generalmente caratterizzati da maggiore granulometria con potenza oltre i 10 metri, talvolta con intercalazioni di spessore generalmente pari o inferiore a 1 metro di depositi più fini.

Si specifica che quanto sopra descritto corrisponde ad un’analisi fortemente sito specifica per l’area industriale del Casone, nel proseguo del presente documento verrà analizzato in dettaglio la geometria/struttura dell’acquifero ad area vasta e la sua caratterizzazione idrodinamica a seguito della campagna di rilevamento freaticometrico, la definizione del modello concettuale e l’implementazione del modello numerico di area vasta.

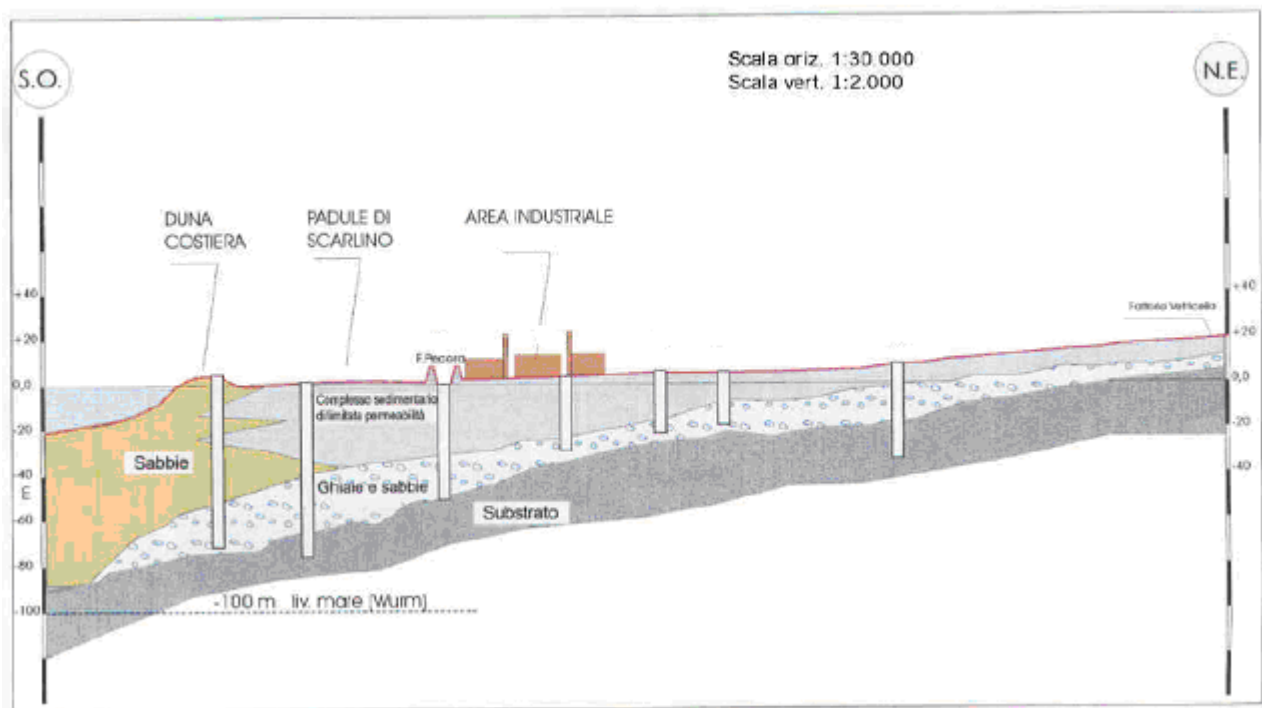


Figura 12: Sezione geologica schematica della Piana di Scarlino (Nuova Solmine, 2002, modificata) - Fonte : Studio della dispersione dell’arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



9. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E USO DEL SUOLO

Nell'analisi della pianificazione territoriale prevista per l'area oggetto di studio si prendono in considerazione i principali strumenti di pianificazione territoriale. Innanzitutto il **Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Grosseto**, adottato nel giugno 2010, che declina e sviluppa alla scala provinciale, in un quadro di coerenza generale, i contenuti del vigente Piano di Indirizzo Territoriale regionale., inoltre il P.T.C integra i contenuti degli strumenti e atti regionali e interregionali in materia idraulica, idrologica e idrogeologica e le previsioni funzionali e localizzative dei previgenti Piani di Settore e degli altri Atti di Governo del Territorio di competenza provinciale. La bonifica della Piana di Scarlino rientra all'interno degli Indirizzi per la cooperazione delle politiche di sviluppo del territorio provinciale, per cui si afferma che: *“Per quanto concerne i contenuti specifici di quest'azione (bonifica falda di Scarlino) si richiede l'assunzione e l'espletamento coordinato di una serie di impegni distinti, in relazione alle competenze dei diversi attori, come di seguito richiamati.*

– *Provincia: coordinare gli interventi con le azioni relative alla riqualificazione insediativa e allo sviluppo produttivo ed alla bonifica e messa in sicurezza secondo le previsioni dei P.S. di Follonica e Scarlino; sviluppare il progetto A.S.L. per il latte materno;*

– *grandi società industriali: bonificare i siti inquinati di loro proprietà; collaborare alle iniziative di riqualificazione di iniziativa pubblica;*

– *Comuni e A.A.T.O.: effettuare gli interventi per la tutela delle acque (depuratore etc.)”*

9.1 Individuazione dell'unità morfologica territoriale secondo P.T.C. – “Costa di Scarlino e Follonica”

Così il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale individua l'area di costa di Scarlino e Follonica: *“Pianura costiera caratterizzata da sedimenti di transizione tra l'ambiente marino e l'ambiente continentale, oltre alla predominante matrice di materiale alluvionale. Pianura separata dal mare da un cordone dunale con aree a pendenza minima, di difficile deflusso, in passato caratterizzate dalla presenza di acquitrini e laghi costieri. Residuo ecosistema palustre del lago alimentato dal Pecora. Ai margini corsi d'acqua arginati.”*

Il Piano, inoltre, individua settori morfologici prevalenti per ogni area in analisi e per la “costa di Scarlino e Follonica” definisce la presenza, come da tabella, di:

A1 – Bosco nei depositi alluvionali, zona umida rappresentante l'ultimo lembo di una laguna creatasi per l'azione delle correnti marine sui depositi alluvionali del Fiume Pecora con la formazione di un tombolo sabbioso di separazione dal mare dove, oggi, è insediata la caratteristica pineta di pino domestico (*P.Pinea*), Vegetazione palustre di tipo igrofilo, elofitica, nei corpi di acqua dolce, alofitica, in quelli salati. Scomparsa causa incendi o inquinamento la vegetazione arborea originaria ad ontano nero (*Alnus glutinosa*), frassino ossifilo, olmo campestre e pioppi;

D1 - Assetti dell'appoderamento otto novecentesco nei depositi alluvionali, area dove sono ancora visibili, nelle deviazioni artificiali dei fiumi e fossi di scolo, spesso pensili sul piano di campagna, nei deflussi artificiali delle acque chiuse e nell'ordine geometrico dei campi di nuovo impianto (seminativi rettangolari con rete scolante gerarchizzata di fossi e capifossi) i segni delle bonifiche antecedenti alla riforma fondiaria dell'Ente Maremma;



E1 - Assetti della Riforma Agraria nei rilievi strutturali, piani a seminativo, associato alla presenza di vigneti e oliveti, caratterizzati dall'assetto agrario ed insediativo dell'Ente Maremma. Tipico "appoderamento a nuclei" organizzato per conformazione ed orientamento dei campi in relazione ai canali di bonifica. I fabbricati sono distribuiti a gruppi di due, tre, lungo la S.P. N°60 del "Puntone", parallela al corso arginato del Canale Allacciante, e sulla viabilità a pettine che da questa si dirama.

Tipi morfologici della provincia di Grosseto – U.M.T. CI						
	Categorie morfologiche	Piani alluvionali	Ripiani travertinosi e depositi eluviali	Colline argillose	Colline sabbiose e ciottolose	Rilievi strutturali dell'Antiappennino
Assetti del soprassuolo		1	2	3	4	5
Boschi	A					
Assetti dell'insediamento di montagna	B					
Assetti dell'impianto medioevale	C					
Assetti dell'appoderamento ottonevicesco	D					
Assetti della Riforma Agraria	E					

Tabella 4: Tipi Morfologici della "Costa di Scarlino e Follonica" – Fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010)

Queste, inoltre, le dinamiche di trasformazione dei tipi morfologici che il Piano ha rilevato: intensificazione colturale con specializzazione degli impianti arborei e realizzazione di vigneti a "rittochino", oltre all'introduzione di coltivazioni erbacee industriali quali mais, colza, colture orticole e frutteti. Semplificazione ed omologazione del paesaggio agrario di piano mediante accorpamento dei campi, eliminazione delle piantate arboree e semplificazione della rete di scolo per la diffusione delle nuove tecniche di coltivazione. Intrusione del cuneo salino per la presenza di numerosi pozzi ad uso idropotabile e irriguo. Fenomeni di deruralizzazione del patrimonio edilizio e delle aree agricole innescati dalla multifunzionalità agricola (agriturismo), dallo sviluppo urbano, turistico e balneare del litorale tra Follonica e il Puntone. Declassamento dell'agricoltura ad attività secondaria o part-time con polverizzazione fondiaria e costituzione di vere e proprie aziende del tempo libero (orti periurbani). Costruzione, con i materiali più diversi, di annessi temporanei tendenti nel tempo a diventare definitivi ed a trasformarsi in vere e proprie villette.

Formazione ai margini del contesto urbano di Follonica di un "continuum" che non è né urbano, né rurale ma una proiezione della città, definibile come "campagna urbanizzata". Trasformazione urbana dell'aggregato a forma aperta mediante decise espansioni lineari lungo strada ed addizioni chiaramente individuabili per



forma e tipologia tendenti a risalire i rilievi pedecollinari. Insediamenti turistici recenti a carattere estensivo, con case basse e villette prevalentemente integrate nel sistema del verde (ad es. Portiglioni); realizzazione del porto turistico del Puntone. Compromissione della pineta per la presenza sul litorale sabbioso di lottizzazioni edilizie, campeggi e stabilimenti balneari.

9.2 Individuazione dell'unità morfologica territoriale secondo P.T.C. – “Piana di Scarlino”

Così il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale individua l'area denominata “Piana di Scarlino”:
“pianura costiera caratterizzata da sedimenti di transizione tra l'ambiente marino e l'ambiente continentale costiero, che vanno ad arricchire la matrice predominante composta da materiale di deposito alluvionale del Fiume Pecora.”

Il Piano, inoltre, individua settori morfologici prevalenti per ogni area in analisi e per la “piana di Scarlino” definisce la presenza, come da tabella, di:

D1 - Assetti dell'appoderamento otto novecentesco nei depositi alluvionali, area dove sono ancora visibili nelle deviazioni artificiali dei fiumi e fossi di scolo, spesso pensili sul piano di campagna, nei deflussi artificiali delle acque chiuse e nell'ordine geometrico dei campi di nuovo impianto (seminativi rettangolari bordati da residue piantate arboree e rete scolante gerarchizzata di fossi e capifossi) i segni delle bonifiche. Ruolo strutturante di Fattoria Palazzo Guelfi, Fattoria Vetricella, Fattoria Camporotondo, Fattoria il Pino. Insediamento sparso regolarmente distribuito lungo la viabilità principale (S.P. N°152 di “Aurelia Vecchia” e S.P. N°84 di “Scarlino”) o nella viabilità a pettine che da questa si dirama. Nei primi decenni del XX secolo l'industrializzazione dell'attività mineraria legata all'estrazione della pirite trasforma Bagno di Gavorrano da piccolo gruppo di case, sorto intorno alla “vasca” delle acque calde, in grosso insediamento operaio con la realizzazione dei cosiddetti “palazzi” (grandi condomini del tipo “a ringhiera”), scuole, Casa del Fascio e spaccio. Formazione lungo l'attuale S.P. N°132 di “Bagno di Gavorrano” fino all'Aurelia, principale collegamento con i poli industriali di Follonica e Piombino, di un asse attrezzato, Filare-Bagno di Gavorrano-Forni, connesso all'attività mineraria (miniera, bacini di decantazione, edifici e castelli minerari, teleferiche, insediamenti per operai ed impiegati).

D5 - Assetti dell'appoderamento otto-novecentesco nei rilievi strutturali, Versante pedecollinare soprastante la piana di Bagno di Gavorrano e Scarlino Scalo dove è più antica la presenza dell'insediamento sparso connesso alla struttura unificatrice del sistema di fattoria. La diversificazione dei suoli agricoli nelle ultime propaggini permette di unire, all'interno delle unità poderali, quote di bosco, presente generalmente nella parte alta dei rilievi, alla cerealicoltura dei piani.

E1 - Assetti della Riforma Agraria nei piani alluvionali, assetti agrari contraddistinti, nella Piana di Scarlino, dalla regolare sequenza dei fondi e dei fabbricati colonici lungo la S.P. N°60 del “Puntone” (zona immediatamente sottostante Scarlino) l'asse Scarlino-Scarlino Scalo-Cura Nuova (S.P. N°84 di “Scarlino” e S.P. N°84 di “Vado all'Arancio”) e la viabilità a pettine che da questi si dirama. Integrazione dei radi poderi preesistenti nella nuova scansione fondiaria. Seminativi associati alla presenza di vigneti e oliveti. In tale contesto si inserisce l'aggregato di Cura Nuova nato in epoca precedente come struttura di servizio all'attività di estrazione e lavorazione della pirite lungo l'antica via Massetana (S.R. N°439 “Sarzanese Val d'Era”).



Tipi morfologici della provincia di Grosseto – U.M.T. <i>Pil</i>						
	Categorie geo- morfologi- che	Piani alluvionali	Ripiani travertinosi e depositi eluviali	Colline argillose	Colline sabbiose e ciottolose	Rilievi strutturali dell'Antipa- permino
Assesti del soprassuo- lo		1	2	3	4	5
Boschi	A					
Assesti dell'insedia- mento di montagna	B					
Assesti dell'impianto medioevale	C					
Assesti dell'appode- ramento otto- novecentesco	D					
Assesti della Riforma Agraria	E					

Tabella 5: Tipi Morfologici della "Piana di Scarlino" – Fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010)

Queste, inoltre, le dinamiche di trasformazione dei tipi morfologici che il Piano ha rilevato: permanenza di oliveti di vecchio impianto (settore D5) in prossimità delle aree boscate. Forti fenomeni di deruralizzazione del patrimonio edilizio e delle aree agricole nelle zone pedecollinari e di piano innescati dallo sviluppo urbano, industriale e turistico ricettivo di Scarlino Scalo, Bagno di Gavorrano, del Casone, di Follonica e del Porto del Puntone. In alcune zone declassamento dell'agricoltura ad attività secondaria o part-time con polverizzazione fondiaria e costituzione di vere e proprie aziende del tempo libero (orti periurbani). Costruzione, con i materiali più diversi, di annessi temporanei tendenti nel tempo a diventare definitivi ed a trasformarsi in vere e proprie "villette". Densificazione edilizia e propensione alla formazione di cortine edilizie lungo le varie strade provinciali. Nelle residue aree agricole intensificazione colturale con specializzazione degli impianti arborei ed introduzione di coltivazioni erbacee industriali. Semplificazione degli assetti agrari di piano mediante accorpamenti dei campi, eliminazione delle piantate arboree e semplificazione della rete di scolo. Impatto negativo del tracciato superstradale S.S. N°1 "Aurelia" quale elemento di cesura della continuità degli spazi agricoli.

Ruolo attrattivo della viabilità principale e scivolamento a valle dell'insediamento sottolineato dalla crescita lineare di Bagno di Gavorrano, dall'intenso sviluppo edilizio di Scarlino Scalo, nato dove la linea ferroviaria Pisa-Grosseto-Roma scorre pressoché parallela all'Aurelia, e dalla localizzazione lungo S.P. N°152 "Aurelia Vecchia", oltre al polo del Casone, dell'insediamenti produttivi di San Giuseppe e Forni.



9.3 Piano Strutturale del Comune di Scarlino

Il Piano Strutturale del Comune di Scarlino fa riferimento al nuovo Piano di Indirizzo Territoriale – PIT – regionale approvato con delibera del Consiglio regionale n. 72 del 24 luglio 2007 e al II PTC della Provincia di Grosseto adottato con Del. C.P. n. 21 del 20.04.2010 e approvato con Del. C.P. n. 20 del 11.06.2010.

Come sopra analizzato Il PTC organizza il paesaggio in aree omogenee (Ambiti, Sistemi, Unità Morfologiche Territoriali) riferite a specifici caratteri e in base a questi regolamentate in modo da indirizzare le scelte operative di livello comunale nel pieno rispetto delle singole componenti caratteristiche. Il territorio del Comune di Scarlino è interessato dagli Ambiti, Sistemi e Unità Morfologiche Territoriali (Scheda tecnica 8 del PTC), per i quali il PTC provinciale detta gli indirizzi programmati, in particolare per l'area di interesse sono state descritte le unità morfologiche: *Pi1 La Piana di Scarlino e C1 Costa di Scarlino e Follonica*.

Il PTC individua inoltre, nel territorio provinciale, 52 A.R.P.A. (*Ambiti a Ridotto Potenziale Antropico*), tra le A.R.P.A. che insistono nel territorio di Scarlino vi è il Padule di Scarlino.

Il Piano Strutturale comunale prende in considerazione i vari aspetti della pianificazione comunale considerando anche le emergenze di natura paesaggistica e ambientale analizzandole non solo come “vincolo”, ma anche come “risorsa”, nell'ottica di un territorio nel quale le diverse particolarità sono analizzate e valutate non in modo separato ed indipendente tra loro, ma in modo congiunto al fine di individuare sinergie di sviluppo territoriale che tutelino, salvaguardino e consentano anche di sviluppare tutte le specificità del territorio. Nelle tavole allegate **QC 6b 1 e QC 6b 2** sono stati individuati i seguenti vincoli: Siti di Importanza Regionale - Siti di Interesse Comunitario (SIR - SIC), Riserve Naturali Statali Biogenetiche, Aree Naturali Protette di Interesse Locale (ANPIL), Oasi di protezione faunistica, Aree sottoposte a Vincolo idrogeologico - PTC della Provincia di Grosseto, Ambiti a Ridotto Potenziale Antropico (ARPA) - PTC della Provincia di Grosseto.

Per l'area di interesse nel presente elaborato si rileva la presenza di:

- Sito di Interesse Regionale (L.R. 56/00): Padule di Scarlino, n. 106 SIC/SIR, estensione 148,78 ettari, IT 51A0006 (codice natura2000);
- Oasi di protezione faunistica (L.R.3/1994 e Del. G.r. 14 giugno 1996, n.317), Oasi Padule e Costiere di Scarlino;

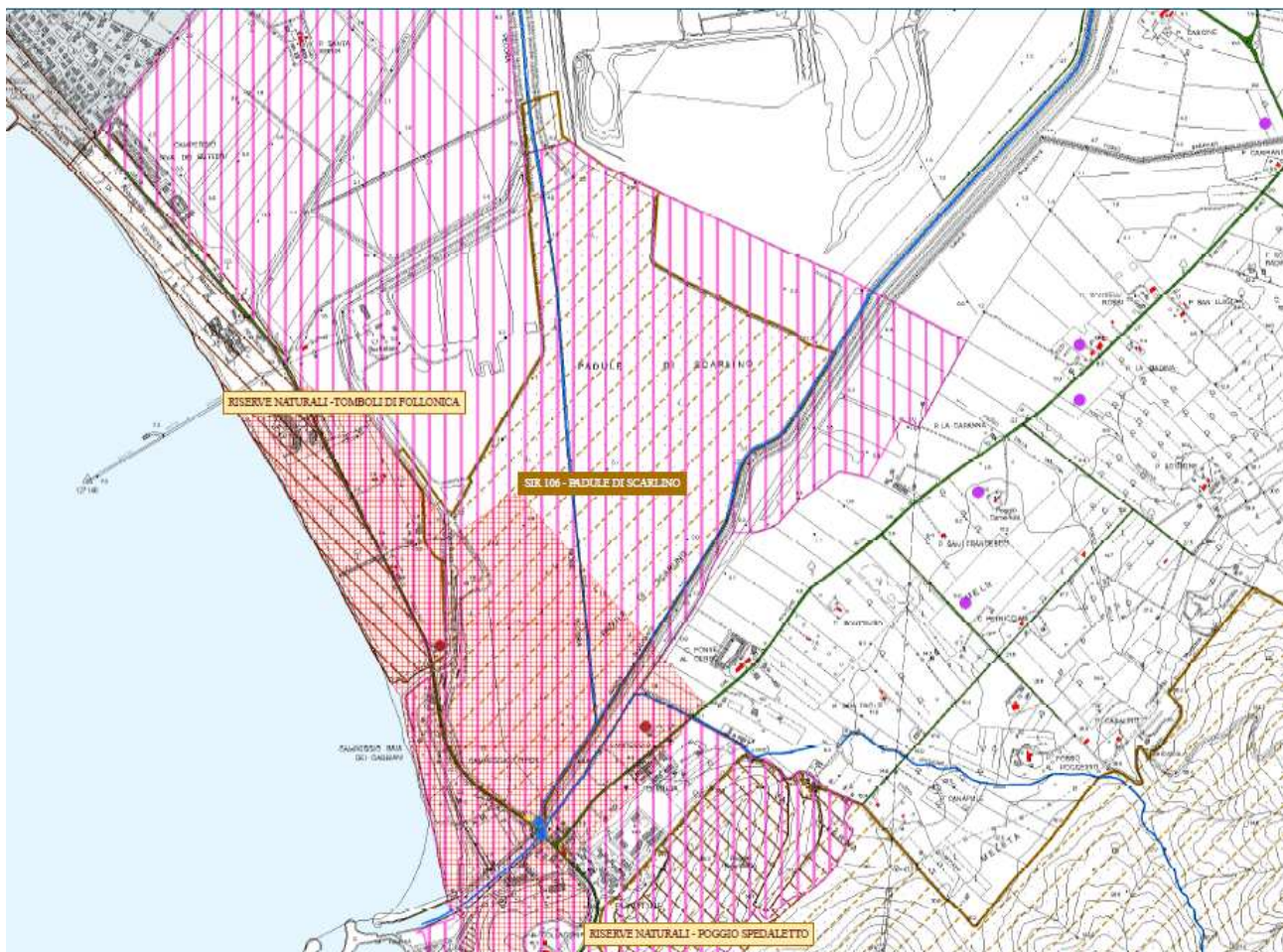


Figura 13: Estratto Tavola " I beni paesaggistici di interesse unitario della Toscana" – Fonte: Piano strutturale Comune di Scarlino

- Riserva naturale statale biogenetica (L. 394/91 e L.R. 49/95), Tomboli di Follonica e Poggio Spedaletto;
- Edifici e beni iscritti in elenco PTCP di Grosseto;
- Edifici e beni vincolati (D.lgs 42/2004);
- Edifici o manufatti della bonifica idraulica del XIX secolo;
- Edifici o manufatti di archeologia industriale.

Altro elaborato grafico di interesse per l'area oggetto di studio è la tavola **PS 02b – Il sistema produttivo di Scarlino come parte della Invariante Strutturale “La presenza industriale in Toscana”** che evidenzia nell'inquadramento a vasta scala l'articolazione proposta dal PIT e dal PTC provinciale dei capisaldi del lavoro e dei nodi infrastrutturali, mentre a livello comunale mette in evidenza il Sistema produttivo di Scarlino secondo la seguente suddivisione in sottosistemi: sottosistema produttivo della Grande Industria –Il Casone, sottosistema Ambientale delle aree soggette a bonifica ovest, sottosistema Ambientale delle aree soggette a bonifica est. **Il Sottosistema produttivo della Grande Industria (Il Casone)** posto a nord-est del territorio comunale, localizza le aree coperte e scoperte degli insediamenti industriali e produttivi esistenti. Esso è



circoscritto dal fiume Pecora, dal Canale Allacciante e, nella parte inferiore, dal Padule. Il Sottosistema accoglie sia le aree che ospitano gli impianti industriali veri e propri che le aree prevalentemente scoperte di deposito e depurazione degli scarti del processo produttivo. Tale Sottosistema ricomprende anche l'area artigianale e produttiva La Botte, delimitata a nord dalla Strada Aurelia Vecchia e lambita dalla linea ferroviaria.

Il Sottosistema ambientale delle aree soggette a bonifica poste ad est rispetto l'area umida del Padule, corrisponde alla porzione di pianura posta a sud dell'area industriale // Casone. Essa è caratterizzata dalla presenza di depositi industriali in attesa di essere bonificate e restituite a tipologie di attività più sostenibili dal punto di vista ambientale e comunque consone con le attività in essere circostanti.

Il Sottosistema ambientale delle aree soggette a bonifica poste ad ovest rispetto all'area umida, corrisponde alla parte di pianura compresa tra il Tombolo di Follonica e il Padule di Scarlino, delimitata a nord dal canale di deviazione dal fiume Pecora. Essa è caratterizzata dalla presenza di depositi industriali in attesa di essere bonificate e restituite a tipologie di attività più sostenibili dal punto di vista ambientale e comunque consone con le attività in essere circostanti.

Di interesse anche l'elaborato **PS 02c – Le attività agricole e le attività integrative dell'agricoltura come parte della Invariante Strutturale " Il patrimonio collinare della Toscana "** che individua i Sottosistemi agricoli definiti dal nuovo PS messi in relazione con le aree boscate e con le attività ricettive esistenti. Per l'area della Piana di Scarlino di interesse i sottosistemi: **Sottosistema agricolo costiero**, che individua due distinte aree di pianura: l'una confinante a Nord con il Comune di Follonica e compresa tra l'area industriale e il tombolo definita a "prevalente funzione agricola", l'altra posta più a sud rispetto alla precedente, delimitata dal canale Allacciante e attraversata dalla Strada Provinciale del Puntone, definita "a esclusiva funzione agricola". In esso si riconoscono spazi dove sono ancora visibili, nella deviazione artificiale del Fiume Pecora, nei fossi di scolo e canali, spesso pensili sul piano di campagna, e nell'ordine geometrico dei campi di nuovo impianto (seminativi rettangolari, stretti e lunghi, con piantate sui lati lunghi e rete scolante gerarchizzata di fossi e capifossi) i segni delle bonifiche ottocentesche e della Riforma fondiaria dell'Ente Maremma, e **Sottosistema agricolo della Piana di Scarlino**, che definisce l'area di pianura posta a nord del territorio comunale. In esso si riconoscono aree dove sono ancora visibili, nelle deviazioni artificiali dei fiumi e nei fossi di scolo (Canale Allacciante), spesso pensili sul piano di campagna e nell'ordine geometrico dei campi, i segni delle bonifiche del XIX secolo e della Riforma fondiaria dell'Ente Maremma. La parte delimitata a sud-est dal Canale Allacciante e a nord-est dalla Strada provinciale di Scarlino viene definita a "prevalente funzione agricola", mentre la restante parte del Sottosistema viene definita a "esclusiva funzione agricola".

A seguito dell'analisi dei sottosistemi, il Piano Strutturale definisce **obiettivi e criteri della pianificazione**, questi quelli relativi alle aree di interesse:

Il Casone, la città industriale

- Predisporre misure atte al recupero ambientale delle aree soggette a bonifica;
- Sviluppare le potenzialità insediative residue verso produzioni e attività a basso impatto ambientale;
- Qualificare l'area con servizi all'impresa nell'ottica della trasformazione del polo produttivo del Casone come "Cittadella del Lavoro" come prefigurato dal PTC provinciale;
- Favorire la produzione di energia da fonti rinnovabili utilizzando le coperture dei manufatti produttivi;
- Dotare l'area di standard pubblici e attrezzature pubbliche;



- Mitigare l'impatto paesaggistico degli impianti esistenti e di quelli futuri con fasce di verde piantumato;
- Dotare l'area di tutte le reti tecnologiche necessarie per migliorare l'efficienza e la competitività dell'area;
- Migliorare l'accessibilità all'area dalle grandi infrastrutture di progetto di importanza regionale (Corridoio Tirrenico) e ferrovie;
- Consentire possibilità insediative anche a settori produttivi legati alla nautica per creare sinergie con il vicino porto;
- Istituire nell'ambito dell'UTOE un Osservatorio ambientale per il monitoraggio delle risorse ambientali interessate dalle produzioni esistenti e anche come struttura proiettata in ambito sovracomunale a servizio di un territorio più vasto;
- Utilizzo di aree interne all'UTOE per la realizzazione di un'area per attrezzature ricreative/svago/tempo libero quali motodromo, modellismo ecc.;
- Strutture per la realizzazione di laboratori di ricerca e nuove tecnologie;
- Valorizzazione dei prodotti tipici anche per l'export.

La Piana di Scarlino

- Salvaguardia e sviluppo delle attività agricole nel rispetto della L.R. 1/2005, del PTC della provincia di Grosseto e del PIT regionale;
- All'interno dell'UTOE sono individuati ambiti di tipo turistico-ricettivo, corrispondenti alle attuali attrezzature di turismo rurale, turismo sociale, casa albergo. Il PS consente adeguamenti, ampliamenti delle strutture e nuove dotazioni di servizi e servizi complementari, servizi per il benessere della persona oltre a nuove strutture turistico-ricettive nell'ambito del dimensionamento previsto attraverso il recupero del patrimonio edilizio esistente non più utilizzato a finalità agricole. Recupero del patrimonio edilizio esistente per le attività precedentemente legate all'attività equestre;
- E' ammessa la realizzazione di piccoli annessi per l'agricoltura amatoriale per fondi di piccole dimensioni al di sotto dei minimi di legge. Tali manufatti dovranno essere realizzati secondo tipologie a capanna e saranno realizzate in legno o materiali tipici. Essi saranno strettamente legati alla conduzione di piccoli fondi agricoli;
- Consentire annessi per imprenditori agricoli non professionali che tuttavia contribuiscono alla coltivazione dei territori non riconducibili agli agricoltori amatoriali né agli imprenditori agricoli a titolo principale;
- Recupero e mantenimento del patrimonio edilizio esistente anche tramite la possibilità di ampliamenti una tantum degli edifici esistenti non rurali;
- Miglioramento paesaggistico con interventi corretti dal punto di vista colturale ed edilizio anche con il recupero di situazioni di degrado ambientale e paesaggistico;
- Recupero di annessi abitati da famiglie e autorizzati in modo improprio al fine di monitorare l'esatto fenomeno e ricondurlo a regolarità edilizia e urbanistica, anche con possibilità di adeguamenti igienico-funzionali;



- Recupero e valorizzazione della viabilità campestre e storicizzata per la creazione di un sistema di sentieri che attraversi tutto il Comune e soprattutto consenta quella fruizione ambientale e paesaggistica utile alle attività turistiche, da arricchire con piazzole di sosta, in corrispondenza di visuali panoramiche;
- Istituzione nell'ambito dell'UTOE di una clinica veterinaria;
- Valorizzazione del campo di volo;
- Creazione di un'area per sosta camper;
- Recupero, valorizzazione ed adeguamento dell'immobile esistente di Palazzo Guelfi anche ai fini di un utilizzo pubblico.

9.4 Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate

Il Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate è citato all'interno del "Accordo di Programma tra Comune di Scarlino – Nuova Solmine SpA – Scarlino Energia Srl – Tioxide Europe Srl – per la progettazione unitaria della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino" che in articolo 2 – Finalità ed Obiettivi dell'Accordo – definisce che l'accordo ha come finalità la redazione del progetto unitario della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino, così come individuata nel "Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto" approvato con delibera del Consiglio Provinciale n. 17 del 30.06.2006 e secondo quanto rilevato dal Gruppo Scientifico che collabora alle attività di valutazione dello stato di fatto e alla caratterizzazione delle acque, propedeutica alla redazione del progetto.

Il presente Piano individua e delinea, in attuazione delle fonti normative nazionali e regionali, la strategia ed il programma per la verifica della contaminazione dei siti potenzialmente inquinati inseriti nel censimento dei siti potenzialmente contaminati, nonché i criteri per la progettazione ed esecuzione degli interventi di bonifica o messa in sicurezza dei siti inquinati della Provincia di Grosseto inseriti nell'anagrafe dei siti da bonificare del Piano regionale delle Bonifiche.

In riferimento alla Piana di Scarlino il Piano, oltre a sollecitare un avvio e completamento delle bonifiche previste dal Piano Regionale "siti a breve termine" e dei siti catalogati nel presente Piano (GR n.s. 1 – Salciaia-Cassarello a Breve termine del Piano Provinciale), definisce come indispensabile un piano organico di studio comprensoriale della Piana esteso anche ai bacini idrografici limitrofi propedeutico ad appropriati interventi di bonifica e/o alla predisposizione di azioni tese a minimizzare i rischi sulla salute umana. Inoltre definisce misure temporanee da mettere in atto quali:

- blocco delle autorizzazioni all'esecuzione di nuovi pozzi (ad uso domestico e non domestico ai sensi R.D.L. 11 dicembre 1933 n° 1775 s.m.) sull'area della Piana;
- controllo periodico dello stato di qualità idrogeochimica di tutti i pozzi esistenti sul comprensorio ad uso domestico e non domestico;
- regolamentazione dei dispositivi e/o azioni da porre in essere per, tutti gli impianti e/o fabbricati di nuova realizzazione, e per la conduzione dei fondi agricoli atti ad annullare la possibilità di mobilitazione dell'Arsenico presente sui terreni della Piana;
- monitoraggi idrogeochimici delle acque sotterranee e superficiali connesse alle bonifiche e/o messe in sicurezza permanente dei vari siti della Piana in corso.



Oggetto del Piano provinciale è un'area individua come "Piana di Scarlino". Si riporta in Figura 3 del presente documento, estratto cartografico con indicazione del limite dell'area della Piana di Scarlino soggetta alle salvaguardie del Piano, limiti comunali, siti in anagrafe e siti in censimento all'interno del Piano Regionale delle Bonifiche e lineamenti idrogeologici.



10. INQUADRAMENTO STORICO-ECONOMICO

Nella redazione del presente paragrafo si prende a riferimento il lavoro di ricostruzione dell'evoluzione storica, economica dell'area, con particolare interesse sia all'attività estrattiva e alle attività di lavorazione del materiale estratto, sia agli interventi di bonifica idraulica condotti a partire dall'epoca leopoldina, presentato in "Studio della dispersione dell'Arsenico nella Piana di Scarlino" di Tanelli et al. , 2003, a cui si rimanda per una visione più approfondita dello specifico argomento.

10.1 *Attività paleo - industriale*

Il territorio delle Colline Metallifere è stato interessato da coltivazioni minerarie ed attività metallurgica fin da tempi antichi ed in particolare, durante i periodi etrusco – romano e medievale, sono state prodotte notevoli quantità di scorie di lavorazione metallurgica (Cipriani e Tanelli, 1983; Tanelli, 1989) che oggi si possono rinvenire in varie località. Nella Val di Pecora i minerali oggetto di riduzione e lavorazione sono stati principalmente l'ematite dell'Isola d'Elba e le mineralizzazioni a solfuri misti del Massetano. Sulla base dei rilevamenti archeologici si possono distinguere due aree (Badii, 1931; Baiocco et al., 1990; Cucini & Tizzoni, 1992; Guideri, 1996):

- zona della metallurgia del rame, del piombo e dell'argento, corrispondente all'alto e medio bacino del Pecora;
- zona della metallurgia del ferro, corrispondente alla bassa Valle del Pecora.

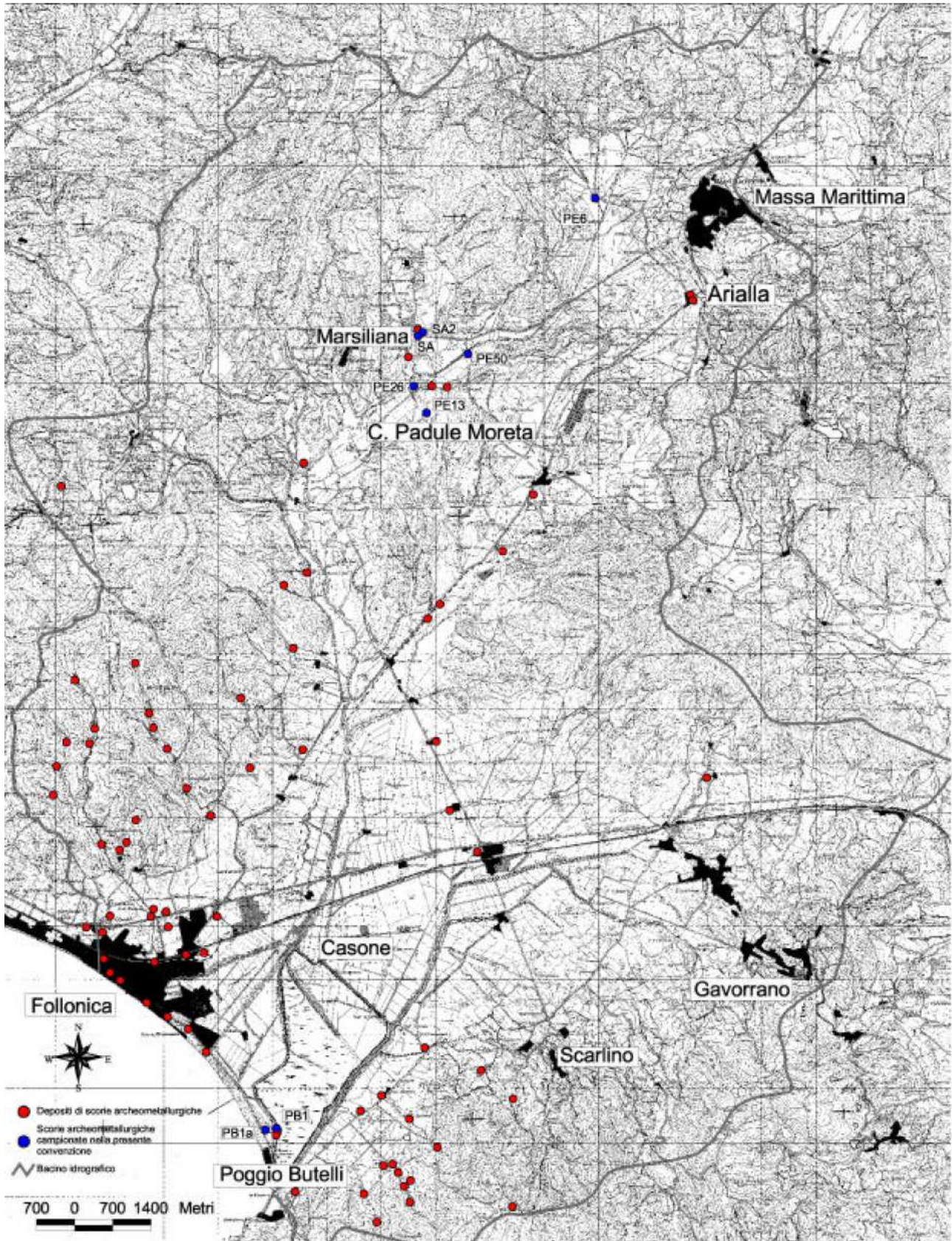


Figura 14: Localizzazione dei depositi di scorie archeometallurgiche nel bacino del F.Pecora – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



10.2 Attività industriale

Dopo un lungo periodo di inattività, lo sfruttamento delle risorse minerarie della Maremma riprese nella prima metà del XIX secolo sulla scia dei nuovi modelli di sviluppo industriale che dalla fine del '700 si andavano diffondendo in tutta Europa. Con i primi anni del secolo XX inizia la coltivazione dei giacimenti di pirite di Gavorrano e poi di Niccioleta e Boccheggiano e quindi negli anni '80 di Campiano (Cipriani e Tanelli, 1983; Tanelli, 1983; Tanelli e Lattanzi, 1983).

Scarlino Scalo fra il 1905, anno di apertura della miniera di Gavorrano, e fino a circa la metà degli anni '60, divenne il centro di stoccaggio e spedizione della pirite estratta nei giacimenti maremmani dai quali veniva trasportata mediante teleferiche. Nei primi anni '60 la Montecatini realizza lo stabilimento del Casone, e dalla pirite si inizia a produrre acido solforico, pellets di ossidi di ferro ed energia, trattando il minerale proveniente dalle miniere di Gavorrano - Ravi, Boccheggiano e Niccioleta. Il ciclo produttivo prevedeva la frantumazione e l'arricchimento mediante flottazione del minerale grezzo a piè di miniera e quindi il trasporto dei concentrati di pirite con automezzi fino allo stabilimento del Casone. Ciò comportò la progressiva dismissione del centro di stoccaggio a Scarlino Scalo e del sistema di teleferiche che in esso confluivano.

Nel 1970 vi fu la fusione fra Montecatini ed Edison (Montedison) e nel 1972 fu attivato l'impianto industriale (allora SIBIT del Gruppo Montedison e quindi Tioxide Europe SRL ed oggi Huntsman Tioxide) che, utilizzando l'acido solforico prodotto in loco, sintetizza e commercializza il biossido di titanio. Nel 1973 le attività chimico - minerarie della Montedison passarono all'ente statale EGAM che costituì la società SOLMINE per la gestione del comprensorio delle Colline Metallifere.

Nella prima metà degli anni '80 si ebbe la chiusura delle miniere storiche di Gavorrano, Boccheggiano e Niccioleta e l'entrata in produzione della nuova miniera di Campiano.

Sempre nello stesso periodo (1982) venne edificato nell'area dello stabilimento l'impianto per la frantumazione e l'arricchimento del minerale grezzo realizzando quindi in loco il ciclo produttivo completo della pirite. Le ceneri di pirite iniziarono ad essere stoccate a piè di fabbrica e dopo un infruttuoso tentativo di utilizzarle per la produzione di "spugne di ferro" iniziano ad essere commercializzate in particolare nel mercato dei cementifici. Nel 1987 la SOLMINE passò sotto il controllo ENI che ne modificò la denominazione in Nuova Solmine. Negli anni 1994-95 si ebbe la chiusura delle miniere di Campiano e la risistemazione dell'impianto per la produzione di acido solforico utilizzando quale materia prima lo zolfo di raffineria. Nel 1997 la Nuova Solmine è stata privatizzata ed assorbita dal gruppo SOLMAR SpA.

Nel complesso il ciclo produttivo della pirite espletato dal 1962 al 1995 prevedeva la formazione di varie tipologie di materiali reflui (acque; torbide; fanghi; gas; fini, sterili e ceneri di pirite) che in varia forma e misura necessitavano di idonei processi di controllo, purificazione e smaltimento ai fini della salvaguardia ambientale. L'attività industriale dell'area del Casone non è limitata a quella legata all'industria della pirite, fra gli impianti si deve citare lo stabilimento Huntsman-Tioxide per la produzione di biossido di titanio. Tale impianto entrato in funzione nella primavera del 1972, occupa circa 400.000 mq di terreno di cui 150.000 mq coperti dagli apparati produttivi e dalle strutture complementari. Le scorie di lavorazione, per tale impianto, sono rappresentate da "fanghi di chiarifica" e dai "gessi rossi" derivati dal trattamento degli effluenti forti con calcare e calce.



10.3 Bonifiche idrauliche della Maremma: Padule di Scarlino

Il territorio della Maremma, che ha rappresentato per secoli la parte paludosa della Toscana, è stato segnato da un'opera continua di regolamentazione delle acque, per evitarne il ristagno e quindi l'impaludamento. Questo processo iniziò già alla fine del Cinquecento ad opera dei Medici, ma solo nella prima metà del Settecento, con i Lorena, iniziarono degli interventi strutturali di bonifica, che continuarono fino alla proclamazione del Regno d'Italia. L'area della Piana di Scarlino era interessata dalla presenza del Padule di Scarlino che nelle misurazioni catastali effettuate nel 1823-25, Salvagnoli Marchetti (1827) valutava avere un'estensione di 16.669 stiora, pari a circa 875 ettari.

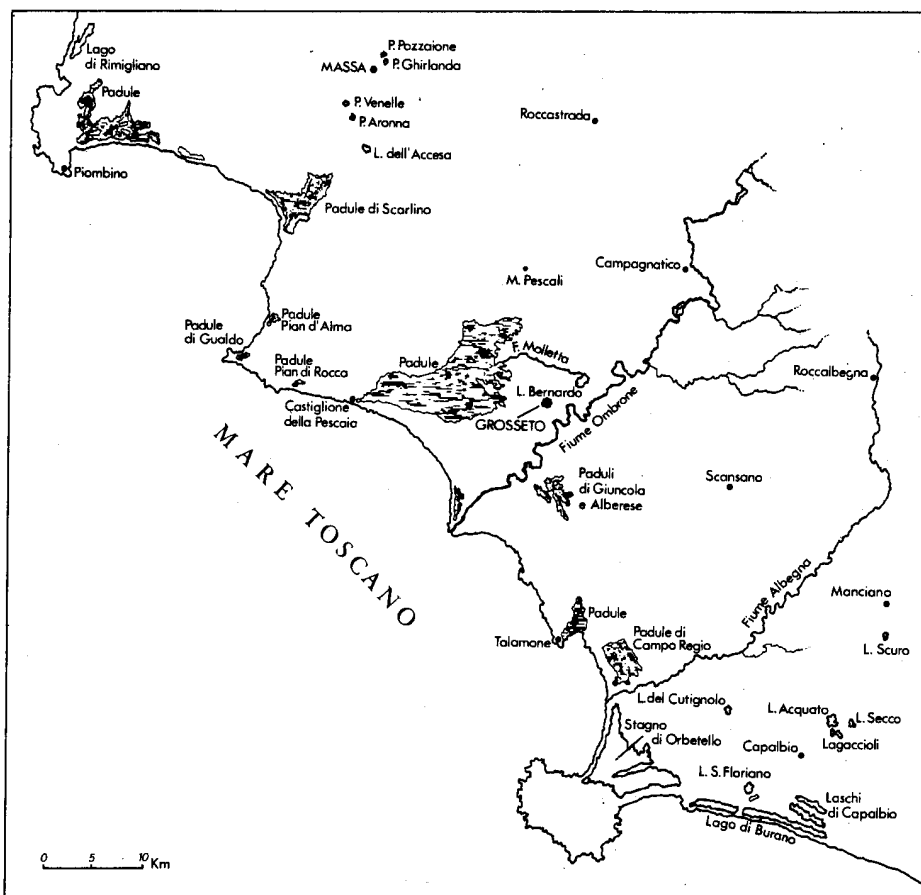


Figura 15: Principali zone umide della Maremma centro-meridionale intorno alla metà del settecento – Fonte: Barsanti e Rombai (1986)

È in quegli anni che il Granduca Leopoldo II diede corso alla bonifica del padule di Scarlino (1831). Questa venne inizialmente attuata secondo la tecnica della colmata, eseguendo opere atte a favorire la naturale deposizione dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua, e fu integrata in fasi successive da ripiene di materiali vari – comprese scorie ferrifere antiche - vista la lentezza con la quale si andava sviluppando il processo di innalzamento dei terreni mediante la sola colmata. Nel complesso si stima che nel processo di bonifica si sia avuta una deposizione di materiali sopra il fondo del padule che al massimo ha raggiunto gli 8-9 metri di spessore.



Fra le opere più importanti eseguite durante la bonifica, sono da ricordare (Baiocco et alii,1990; Francovich,1985):

- la chiusura del Puntone di Scarlino (1832-36). Il padule di Scarlino comunicava col mare per mezzo di una bocca (foce) larga circa 150 metri e profonda 9 metri all'altezza del Puntone di Scarlino. Per impedire il mescolamento delle acque marine con quelle dolci fu deciso di costruire un argine divisorio; per la realizzazione di quest'opera furono impiegate "loppe" (le scorie di ferro accumulate a Poggio Butelli);
- il "distaccamento" della Gora delle Ferriere dal Fiume Pecora (1830-31). Mediante la costruzione di un ponte-canale alla loro confluenza nei pressi di Cura Nuova-Vado all'Arancio, la Gora delle Ferriere fu fatta passare al di sopra del Pecora. Quest'opera permetteva di mantenere indipendenti i due corsi d'acqua, consentendo al Fiume Pecora di essere utilizzato per effettuare le colmate e alla Gora delle Ferriere di fornire l'energia idraulica alle fonderie di Follonica. Contemporaneamente il Fiume Pecora, che fino ad allora per interrimento del proprio alveo straripava nel padule, fu inalveato (arginato) ed immesso in colmata nella parte occidentale del padule. Questo ha comportato uno spostamento verso ovest del suo corso rispetto alla sua posizione originaria;
- la costruzione del Canale Allacciante (1832-36). Tutti i fossi e torrenti del settore orientale del padule e del territorio scarlinese (il Rigiolato, la Vetricella, l'Alioppa, il Fontino, la Sorgente) furono canalizzati in un unico Fosso Allacciante per consentire il deflusso delle acque stagnanti e per impedire che tali corsi d'acqua continuassero a straripare nel palude nel corso di piogge copiose. Anche il Canale Allacciante fu utilizzato per eseguire le colmate.

Oggi, come precedentemente accennato, ciò che rimane del vecchio padule è un Sito di Interesse Comunitario (S.I.C.), parte integrante di un sistema di aree protette che si sviluppa nelle zone meridionali del golfo di Follonica (Oasi faunistica del Padule di Scarlino e Area Protetta di Interesse Locale di Cala Violina).



11. INQUADRAMENTO GEO-CHIMICO DELL'AREA

Nel bacino del Fiume Pecora sono segnalati numerosi accumuli di scorie e resti del trattamento di minerali di ferro, rame e piombo argentifero risalenti ai periodi etrusco, etrusco - romano e medievale. Le scorie presenti lungo le zone costiere rappresentano i resti del trattamento di minerali a ferro in prevalenza provenienti dall'Isola d'Elba. Questi accumuli sono stati in parte recuperati ed utilizzati nella prima metà del secolo passato negli impianti siderurgici di Piombino per l'estrazione del ferro. Materiali scoriacei, particolarmente quelli presenti nella zona di Poggio Butelli, sono stati altresì utilizzati come ripiena nelle opere di bonifica del Padule di Scarlino. Gli accumuli di scorie presenti nell'alta valle del Pecora, in particolare nella zona della Marsiliana e Schiantapetto, sono prevalentemente i resti della metallurgia antica su minerali a rame, piombo ed argento provenienti dai limitrofi giacimenti a solfuri misti. Durante l'indagine di Tanelli et al. (2003) sono stati prelevati campioni di scorie archeo-metallurgiche e sono stati analizzati chimicamente e, alcuni campioni rappresentativi, indagati nelle loro caratteristiche minero – petrografiche.

<i>Campione</i>	<i>Località</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Tipo di analisi</i>	<i>Pirite</i>	<i>Ematite</i>	<i>Magnetite</i>	<i>Wustite</i>	<i>Olivina</i>	<i>Pirosseni</i>	<i>Tracce</i>
PB1-A	Poggio Butelli	Scoria a ferro	O			+	+	+++		Fe metallico
PE6	F.sso Giardino	Minerale di carica	O, M	+	+++	+++				
SA	Marsiliana	Scoria a rame	O, M					+++		Bornite, calcopirite, digenite, pirrotina, Pb e Cu metallico
SA2	Marsiliana	Scoria a rame.	O, M			++		+++		Cu metallico, cuprite, magnetite
PE13	C. Padule Moreta	Scoria a piombo	O, D, M					++	++	Pb metallico, Cu metallico, fasi As-Pb-Sb-Fe, sfalerite, bornite, pirite, pirrotina,

LEGENDA: D = diffrattometria a Rx; O= microscopia ottica; M= microscopio elettronico a scansione
+++ = molto abbondante; ++ = abbondante; + = poco abbondante

Tabella 6: minerali e fasi solide nelle scorie archeo-metallurgiche prelevate nell'indagine di Tanelli et al. – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



TIPOLOGIA		Metallurgia del ferro		
Campione		PB1-A	PB1	PE6
Località		Poggio Butelli	Poggio Butelli	Fosso Giardino
Arsenico	mg/kg	22	15	7
Ferro	mg/kg	180.100	348.800	37.110
Piombo	mg/kg	7	25	28
Rame	mg/kg	<5	<5	26
Zinco	mg/kg	24	28	124

TIPOLOGIA		Metallurgia del rame e del piombo-argento				
Campione		SA2	SA	PE26	PE50	PE13
Località		Marsiliana		C. Padule Moreta		
Arsenico	mg/kg	35	26	17	20	158
Ferro	mg/kg	175.800	176.600	300.900	190.900	160.100
Piombo	mg/kg	281	473	3496	468	3017
Rame	mg/kg	24920	3437	8889	3855	6051
Zinco	mg/kg	7088	4253	14120	3448	5860

Tabella 7: Analisi chimiche delle scorie archeo-metallurgiche prelevate nell'indagine di Tanelli et al. – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)

I campioni PB1, PB1-A e PE6 rappresentano i resti della metallurgia del ferro, il campione PE6 rappresenta un frammento del minerale di carica usato nel processo di riduzione, il campione PB1-A è un vero e proprio resto della riduzione metallurgica ed è costituito da prevalente matrice silicatica vetrosa con ossidi di ferro e plaghette di ferro metallico, i campioni SA, SA2, PE26, PE50 rappresentano resti di trattamenti metallurgici antichi per la produzione di rame, il campione PE13 rappresenta resti di trattamenti metallurgici antichi per la produzione del piombo. Sia le scorie cuprifere che quelle a piombo mostrano la presenza di olivina, pirosseni, in abbondanti matrice vetrosa. Le scorie a rame si caratterizzano inoltre per la presenza di magnetite dendritica e di abbondanti goccioline di rame metallico, cuprite e solfuri di rame e ferro di neoformazione.

11.1 Inquadramento geochimico della matrice ambientale suolo

Tali dati relativi alle scorie archeo-metallurgiche testimoniano come, al fine di individuare le eventuali relazioni che sussistono tra qualità dei terreni in affioramento, caratteristiche geochimiche delle rocce interessate dai circuiti idrici e qualità delle acque di falda considerate, occorre inquadrare l'area di studio in un contesto di *area vasta*. Tale inquadramento risulta necessario anche in considerazione del fatto che il territorio è stato, in passato, caratterizzato da estese attività minerarie e dal fatto che, come detto, risulta caratterizzato da anomalie geochimiche diffuse relative ad alcuni metalli pesanti e composti inorganici. Gli



elementi chimici di interesse, in relazione alla realtà geologico-giacimentologica dell'area di Scarlino e Gavorrano analizzata nello specifico paragrafo e alle attività minerarie, sono quelli inorganici e in particolare i metalli pesanti As, Cd, Cr, Hg, Pb e Cu. A tal proposito è possibile citare uno studio elaborato dalla società Rimin S.p.A. negli anni ottanta finalizzato all'individuazione di aree ad anomalie geochimica e/o geofisica da correlare con potenziali mineralizzazioni nascoste. Nell'ambito di questo studio, esteso su una vasta porzione della regione Toscana, è stata effettuata una prospezione geochimica che prevedeva la raccolta di *stream sediments*, sull'intera area, ed il successivo campionamento di suoli, sulle aree ritenute più promettenti dal punto di vista di un possibile interesse minerario. In seguito all'elaborazione dei dati, nell'area di studio, è la presenza delle seguenti zone di anomalia per alcuni elementi metallici:

Area di Poggio Palone

Ubicata a sud-est dell'allineamento Scarlino - Gavorrano, anomala per Ba, Cu, As, Zn, Sb, Hg, Ag e Pb. L'area copre una superficie di circa 8 km² ed interessa rocce attribuite alle formazioni delle Argille Scagliose e del Calcare Massiccio, poste a contatto da una grossa faglia ad andamento N-S. La sorgente dell'anomalia ritrovata sembra essere localizzata sul crinale di Poggio Palone - M. Calvino. L'anomalia, posta in corrispondenza di un'area di basso strutturale, potrebbe essere spiegata dalla presenza sia di mineralizzazioni sub-affioranti sia da un innalzamento dei valori di fondo degli elementi, dovuto a rimobilizzazioni connesse alla contigua intrusione granitica. I tenori ricavati dalle analisi chimiche degli *stream sediments* sono compresi nei seguenti range di valori:

Elemento	Range di valori (ppm)
Ba	500 – 1.400
Cu	80 - 160
As	80 – 160
Zn	100 - 250
Sb	40 – 100
Hg	1 – 2,5
Pb	70 – 100

Tabella 8: Analisi chimiche dei sedimenti prelevati presso Area di Poggio Palone. – Rimin SpA

In particolare, mentre i valori elevati di Ba, Cu e As sono diffusi in tutta la zona anomala, quelli relativi a Zn, Sb, Hg e Pb sono limitati alle sole zone centrale e meridionale dell'anomalia.

Area di Casa Bianca

Ubicata a Nord-Ovest di Bagno di Gavorrano, anomala per Sb, Hg, As, Fe, Zn, Ba, Pb e Cu. Essa copre una superficie di circa 1.5 km². L'anomalia risulta essere ben definita e con tenori elevati per Sb, Hg e As, e



conferma ed amplia un indizio noto, probabilmente costituito da impregnazioni ed incrostazioni di minerali di antimonio. Inoltre, la zona è caratterizzata dalla presenza di fenomeni diffusi di alterazione probabilmente idrotermale e dalla presenza di putizze. L'anomalia è situata sul probabile prolungamento settentrionale della struttura tettonica che limita ad occidente il nucleo di Gavorrano, separando i termini della serie toscana dalle Argille Scagliose. La presenza di elementi come As e Hg, con tenori elevati, potrebbe rappresentare un'ulteriore conferma dell'esistenza, sotto la copertura detritica, della citata struttura. I tenori dei principali elementi anomali, ricavati dalle analisi degli *stream sediments* relativi alla prospezione strategica, sono compresi nelle seguenti classi:

Elemento	Range di valori (ppm)
Ba	500 – 1000
Cu	40 - 80
As	80 – 300
Zn	100 - 300
Sb	15 – 150
Hg	1 – 2.5
Pb	40 – 150

Tabella 9: Analisi chimiche dei sedimenti prelevati presso Area di Casa Bianca – Rimin SpA

L'area di anomalia geochimica interessa depositi alluvionali e travertini quaternari, limitati lembi di Calcare Cavernoso della serie toscana e termini flyschiodi delle unità liguri.

Area di Poggio Raganella

Area che si sviluppa a sud-est della zona anomala di Poggio Palone a cui è contigua ed interessa il versante Sud-orientale di Poggio Paganella. L'anomalia è rappresentata da As e Sb. Tale distribuzione evidenzia come, in questa parte del territorio toscano, sia frequente ritrovare in natura suoli anche con rilevanti contenuti in metalli pesanti, che pertanto, non possono essere messi in relazione solo ad attività di sfruttamento delle risorse minerarie ed a inquinamenti di altra origine antropica.

A conferma di quanto sopra riportato è possibile inoltre far riferimento a documenti cronologicamente più recenti elaborato dall'Università di Siena nell'Ottobre 2002 e dall'Università di Firenze nel marzo del 2003 e successivo luglio 2005, relativi allo studio delle concentrazioni anomale di arsenico e di altri metalli pesanti presenti nel suolo della Pianura di Scarlino.

Da entrambi gli studi emerge come in tutta l'area della Piana di Scarlino sia rintracciabile un possibile arricchimento naturale di As nei terreni.

Nel primo studio citato, il range di concentrazioni di As nei terreni rilevato si aggira intorno a valori di 20 e 100 ppm, mentre lo studio dell'Università Di Firenze rileva tenori variabili a seconda della porzione di piana



indagata; in particolare, i campioni marginali della piana, esternamente all'area compresa fra il Fiume Pecora ed il Canale Allacciante, sono caratterizzati da tenori medi in arsenico di 20-50 mg/kg, mentre nella zona interna della piana tali valori salgono fino a centinaia di mg/kg. Lo studio, inoltre, rileva una marcata anomalia del metallo in questione anche nei campioni di sedimento prelevati dal Fiume Pecora con tenori che si aggirano intorno a 100 mg/kg.

In particolare, lo studio svolto dall'Università di Firenze – Dipartimento di Scienze della Terra nel 2003 “Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino”, conclude ritenendo che l'anomalia geochimica nella piana di Scarlino relativa all'arsenico è da imputare all'associazione di cause naturali, che determinano un contenuto di fondo elevato in tutta la pianura legato alle caratteristiche geochimiche dei terreni in relazione alle formazioni presenti nelle adiacenti colline, e di cause antropiche legate alle attività industriali svolte in passato che generano anomalie più marcate nella zona industriale della piana.

11.2 Inquadramento idro-chimico della matrice ambientale acque sotterranee

Parimenti all'inquadramento geo-chimico risulta fondamentale inquadrare anche l'analisi idro-chimica dell'area in un contesto di area vasta. A riguardo numerosi sono stati gli studi condotti negli anni sia per l'area vasta che per la zona industriale del Casone, per cui due studi, uno condotto per il Comune di Follonica ad opera dello Studio Tecnico del Dr. Stefano Bianchi nel 1986 e l'altro effettuato da Aquater per conto della Società Nuova Solmine S.p.A. nel 1985, hanno classificato le acque di tipo solfato-alcantino-terroso. In tali studi si è giunti ad ipotizzare una circolazione delle acque nel calcare cavernoso e nei terreni mio-pliocenici della serie toscana. Anche lo studio condotto dall'Università di Firenze “Approfondimento dello studio inerente la diffusione dell'arsenico nel bacino del Fiume Pecora e zone limitrofe” del luglio 2005 ha rilevato che le acque della piana e dei rilievi collinari di Scarlino sono di tipo solfatico, bicarbonatico e clorurate. Le acque solfatice, in particolare, sono in gran parte presenti nella pianura di Scarlino, compresa la zona industriale del Casone, nonché nella miniera di Gavorrano. Di ulteriore interesse sono gli studi condotti su temperatura e conducibilità elettrica delle acque di falda nello “Studio idrogeologico della Pianura costiera di Follonica-Scarlino” (2006) che hanno permesso la stesura di carte dell'acqua di falda.

I dati conducimetrici rilevati dal suddetto studio in due differenti periodi (rappresentativi di condizioni secche e umide) hanno permesso di evidenziare il quadro distributivo della salinità totale, l'andamento delle isolinee ottenute ha mostrato una notevole differenza di conducibilità (e quindi di salinità) tra il settore nord-occidentale della Piana e quello centro-meridionale con una distribuzione dei valori conducimetrici che è risultato variabile da circa 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (a 20 °C) a nord-est di Follonica a massimi di quasi 3600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nella località Salciaina.

Queste informazioni collegate ai dati analitici relativi agli ioni maggiori hanno permesso al suddetto studio, in un'analisi complessiva di area vasta, di affermare che lo sfruttamento eccessivo e relativamente concentrato della falda non solo ha provocato l'avanzamento dell'intrusione marina nella pianura ma ha favorito anche la risalita lungo l'interfaccia acqua dolce/acqua salata di fluidi caldi paleo salini contenuti nelle parti più basse dell'acquifero e/o di provenienza profonda lungo faglie o fratture. (*Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006)*).



11.3 Inquadramento dello stato di risanamento ambientale dell'area

A seguito di quanto sopra dettagliato, con particolare riferimento alle attività antropiche estrattive ed industriali che si sono susseguite nei secoli sull'area della Piana di Scarlino e sulle colline circostanti, numerosi sono i siti afferenti al comune di Scarlino segnalati all'interno del SISBON il Sistema Informativo Siti interessati da procedimento di BONifica, realizzato in attuazione delle "Linee guida e indirizzi operativi in materia di bonifica di siti inquinati" di cui alla DGRT 301/2010 e nell'ambito dell'incarico di svolgimento del "Progetto Anagrafe" affidato ad ARPAT dalla Regione Toscana. SISBON é lo strumento informatico di supporto per la consultazione e l'aggiornamento della "Banca dati dei siti interessati da procedimento di bonifica" consultabile e/o aggiornabile da parte dei referenti delle amministrazioni coinvolte nel procedimento di bonifica (Comune, Provincia, ARPAT, AUSL, Prefettura, Regione, MATTM). All'interno di tale Banca Dati sono presenti i siti iscritti in ANAGRAFE dei siti da bonificare (art. 17, comma 12, D. Lgs. n° 22 del 1997), il registro dei siti contaminati da sottoporre ad interventi di messa in sicurezza, bonifica, ripristino ambientale e messa in sicurezza permanente, suddivisi in:

- **Siti contaminati:** siti riconosciuti tali ai sensi della normativa vigente in fase di riconoscimento dello stato di contaminazione (SITI IN ANAGRAFE CON ITER ATTIVO);
- **Siti bonificati o in messa in sicurezza operativa o permanente (MISO/MISP):** i siti riconosciuti tali ai sensi della normativa vigente in fase di certificazione dell'avvenuta bonifica o messa in sicurezza operativa o permanente (SITI IN ANAGRAFE CON ITER CHIUSO).

Sono inoltre presenti i siti NON IN ANAGRAFE suddivisi in:

- **Siti potenzialmente contaminati:** i siti per i quali é stata accertata la potenziale contaminazione e da sottoporre ad ulteriori indagini (SITI NON IN ANAGRAFE CON ITER ATTIVO);
- **Siti con non necessità di intervento:** i siti per i quali é stata accertata la mancata contaminazione (SITI NON IN ANAGRAFE CON ITER CHIUSO).

Per l'area comunale di Scarlino, che in massima parte interessa la Piana di Scarlino, oggetto del presente elaborato risultano registrati all'interno del Sistema Informativo numero 14 SITI IN ANAGRAFE CON ITER ATTIVO definiti CONTAMINATI, di cui in Tabella 10 i principali:

Codice Regionale	Denominazione	Indirizzo	Tipologia attività
GR-ns-01	Discarica Ceneri di pirite Argine Salciaia-Cassarello	Loc. Salciaia	discarica non autorizzata
GR-ns-06a	Salciaia Accumulo Ceneri di Pirite -Area Vasca 1 -Accordo Colline Metallifere	Loc. Salciaia	attività mineraria



GR-ns-06b	Salciaia Accumulo Ceneri di Pirite - Rilevato stradale - Accordo Colline Metallifere	Loc. Salciaia	attività mineraria
GR057	Cantiere Montecatini	Loc. Scarlino Scalo	industria di prodotti chimici
GR066b	Casone - Salciaia - Area Stoccaggio Ceneri di Pirite	Loc. Il Casone	discarica non autorizzata
GR072a	Area Solmine (Esclusa Area Ex Pellettizzazione)	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR072b	Nuova Solmine - Scarlino - San Martino e EX Frantumazione (Esclusa Area Ex Pellettizzazione)	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR090a*	Scarlino Energia (EX Ambiente SpA -EX Syndial)	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR090b*	Syndial Area Vasche (EX Ambiente SpA - EX Syndial) -Accordo Colline Metallifere	Loc. Il Casone	attività mineraria

Tabella 10: Principali siti contaminanti afferenti al Comune di Scarlino

Inoltre registrano registrati numero 3 SITI IN ANAGRAFE CON ITER CHIUSO definiti BONIFICATI, in Tabella 11.



Codice Regionale	Denominazione	Indirizzo	Tipologia attività
GR065	Tioxide	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR066a	Nuova Solmine - Scarlino - Il Casone	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR089	Portiglioni - Terra Rossa	Loc. Terra Rossa	attività mineraria

Tabella 11: Siti bonificati afferenti al Comune di Scarlino

Per l'ubicazione dei principali suddetti siti contaminati o bonificati si rimanda alla Figura 3 estratta dal Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto (2006) che sebbene non aggiornata dal punto di vista dell'Iter procedurale fornisce un inquadramento della distribuzione spaziale di tali siti. Il presente paragrafo, lungi dall'essere esaustivo, fornisce un'ulteriore indicazione della complessità della Piana e della elevata presenza sia di anomalie naturali che di potenziali o reali sorgenti di contaminazione legate ad attività antropica.





PARTE III REALIZZAZIONE VERIFICHE DI CAMPO

La prima fase del presente progetto ha consistito nella raccolta dei dati pregressi contenuti nei vari documenti progettuali relativi agli iter amministrativi ai sensi della previgente e vigente normativa (D.M. 471/99 e D.Lgs. 152/06) avviati dalle singole Aziende presenti sul territorio (Piani di Caratterizzazione Ambientali, Relazioni Tecniche Descrittive delle indagini, Analisi di Rischio sito specifiche, Progetti di Bonifica e di MISE, report delle attività di monitoraggio e controllo). Tali dati sono stati reperiti presso le amministrazioni competenti (Comune di Scarlino, Comune di Follonica, ARPAT, Dipartimenti Universitari di Siena e Firenze), presso le singole aziende che hanno attivato gli iter tecnico-amministrativi ai sensi di legge o per altri fini ritenuti comunque di interesse e in parte risultavano già in possesso della scrivente.

In particolare sono stati raccolti i dati inerenti:

- Piezometri/pozzi realizzati sulle differenti aree di proprietà, comprensivi delle profondità raggiunte, del condizionamento dei perfori e dell'esatta ubicazione geografica (coordinate X, Y, piano campagna e boccapozzo).
- dati di conducibilità idraulica degli acquiferi;
- informazioni relative alle sequenze lito-stratigrafiche rilevate nell'area con indagini di campo (sondaggi, prove penetrometriche, pozzi, piezometri);
- eventuali ulteriori informazioni utili per la successiva progettazione dell'intervento di bonifica.

Si è realizzata una raccolta dati presso gli enti pubblici quali Provincia di Grosseto, ARPAT Dipartimento Provinciale di Grosseto, Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio, ARPAT Regionale ufficio SISBON, allo scopo di ottenere informazioni sull'area vasta all'interno della quale si inserisce l'area industriale del Casone allo scopo di ottenere informazioni anche sull'area vasta all'interno della quale si inserisce l'area industriale del Casone.

Una volta raccolti i dati, analizzati e sistematizzati i tecnici hanno provveduto ad eseguire le verifiche di campo tramite:

- sopralluogo su tutti i pozzi/piezometri individuati con analisi del loro stato di conservazione, verifica della integrità dei pozzetti e dei tappi di chiusura del pozzo/piezometro, verifica di assenze di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro strumenti-testimone;
- compilazione di schede di campo di sintesi allegate al presente progetto;
- esecuzione di rilievo fotografico e georeferenziazione di ciascun punto;
- esecuzione di rilievo frenometrico.

Si analizza nel dettaglio ciascuna fase.

12. INDIVIDUAZIONE DEI PIEZOMETRI E POZZI DI RIFERIMENTO

La rete di pozzi e piezometri oggetto di verifica di campo sono stati individuati tra tutti quelli per cui sono stati raccolti dati sufficienti secondo le seguenti necessità:



- copertura la più esaustiva possibile dell'intera Piana di Scarlino, con lo scopo di avere un livello conoscitivo il più approfondito possibile dal punto di vista territoriale;
- profondità di pozzi e piezometri differenti con lo scopo di intercettare e rilevare i livelli freaticometrici di più acquiferi;
- tipologia di pozzi e piezometri differenti per uso (industriale, idropotabile, irriguo, monitoraggio, barriera fisica) con lo scopo di connettere il livello freaticometrico al differente uso del pozzo/piezometro.

In totale sono state eseguite verifiche di campo su numero 248 pozzi e piezometri, suddivisi secondo la falda intercettata. Come evidente da Figura 16 (Falda 1) e da **Figura 17** (Falda 2) la maggior parte dei punti, poco meno della metà del totale, sono posizionati nell'area industriale del Casone. Questo è conseguenza dei numerosi iter ed interventi di bonifica che sono stati realizzati nel corso degli anni da parte delle aziende qui insediate che hanno portato ad avere una buona conoscenza sito specifica dell'area del Casone, tale situazione solo parzialmente può essere estesa all'intera area vasta. I punti di indagine qui presenti sono, in massima parte, piezometri di monitoraggio, pozzi di barriera fisica (barriera San Martino e pozzi barriera nelle aree Syndial SpA e Nuova Solmine Spa) e pozzi di emungimento acqua per suo utilizzo nei processi industriali.

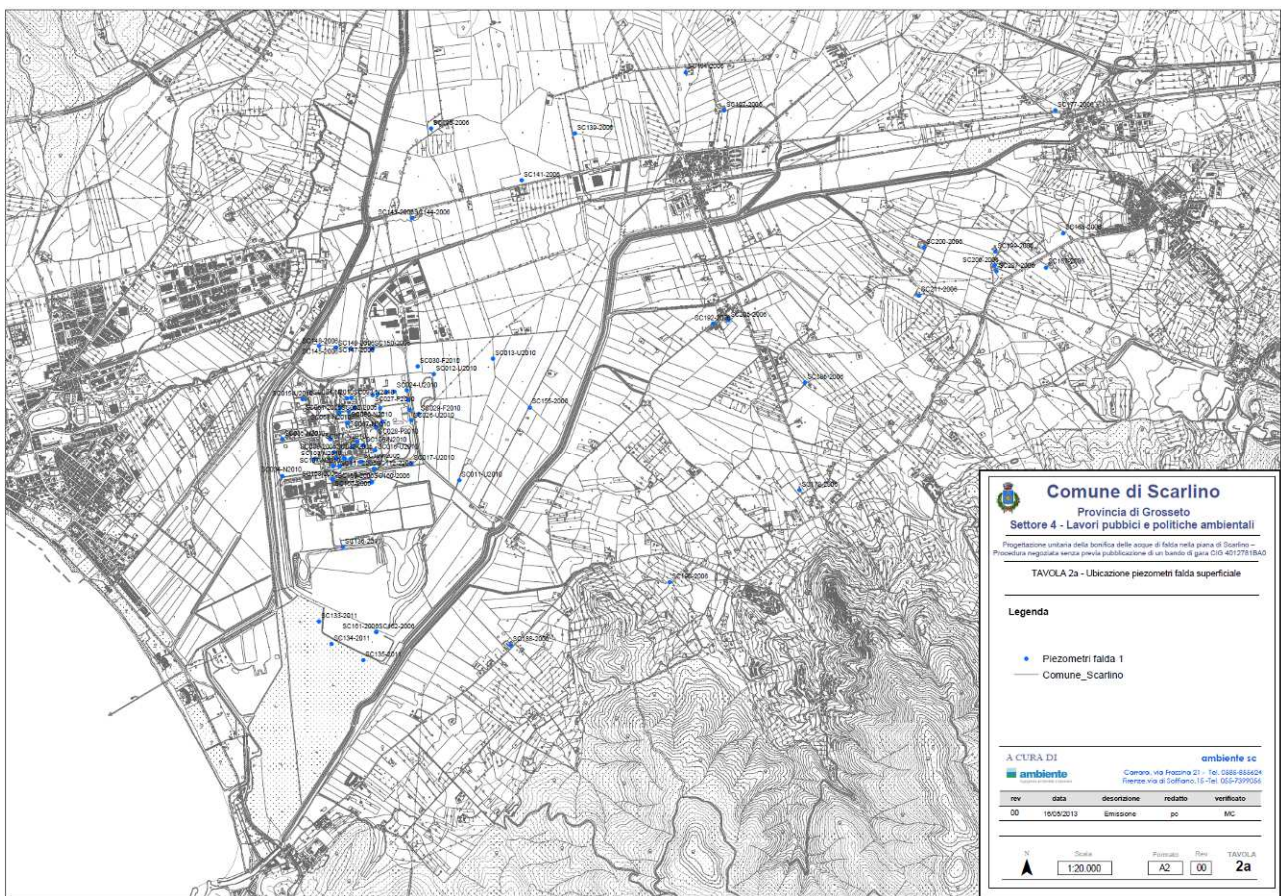


Figura 16: Piezometri/Pozzi Falda1 oggetto di verifiche di campo – Fonte: Estratto Tavola 2a

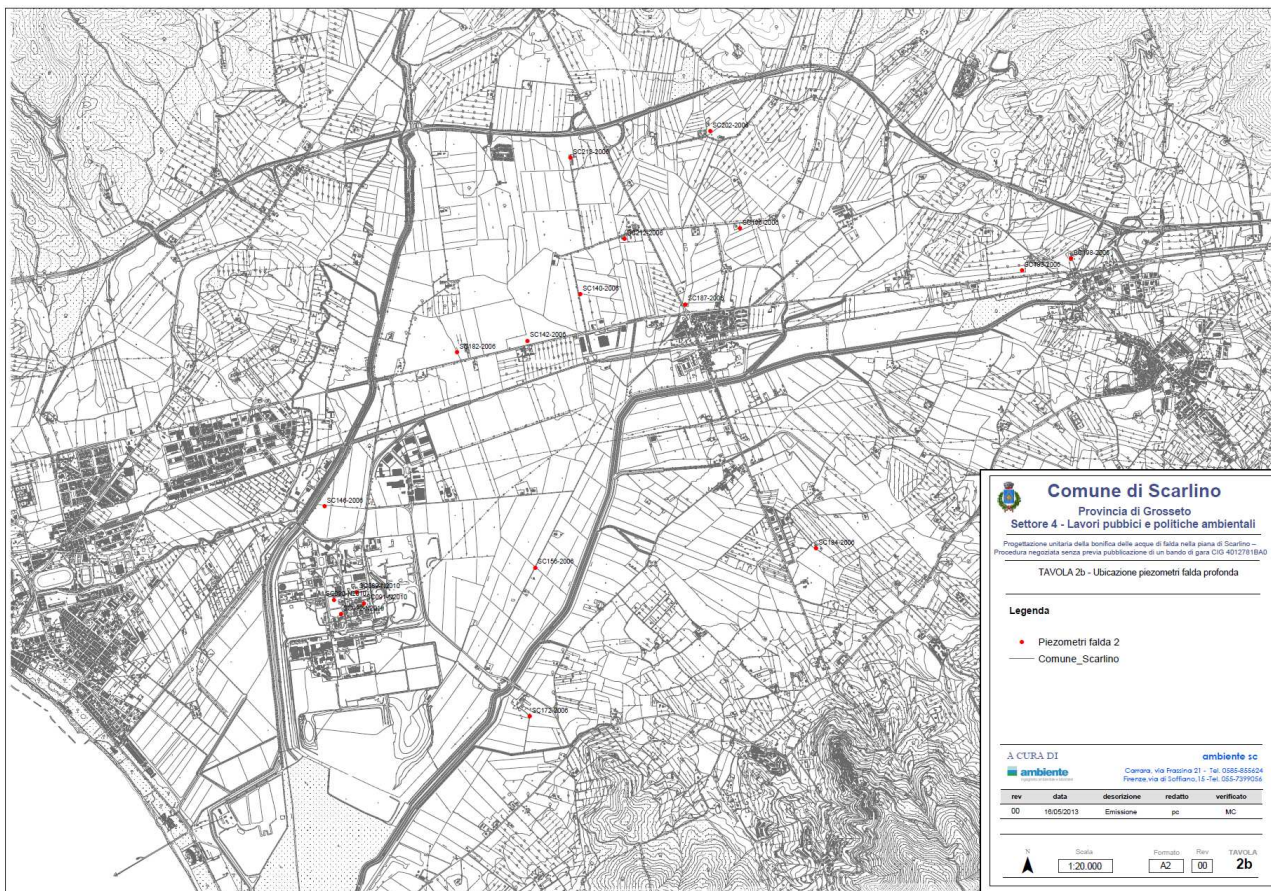


Figura 17: Piezometri/Pozzi Falda2 oggetto di verifiche di campo – Fonte: Estratto Tavola 2b

Afferenti ad interventi da bonifica sono da segnalare anche i piezometri di monitoraggio relativi al sito GR057 (denominazione: “*Cantiere Montecatini*”) in località Scarlino Scalo, anch’essi oggetto di verifiche di campo.

In aggiunta ai suddetti punti ne sono stati presi in considerazione altri con lo scopo di avere una copertura la più esaustiva possibile dell’intera Piana di Scarlino.

I punti aggiuntivi monitorati sono stati individuati principalmente:

- nelle aree pianeggianti a Sud e Sud-Ovest della zona industriale del Casone, ubicati principalmente in aree agricole;
- nelle aree pianeggianti ad Est della zona industriale del Casone, ubicati principalmente in aree agricole e residenziali (Le Case, Scarlino Scalo);
- nelle aree pianeggianti e sub-collinari al limite Nord e Nord-Est della Piana di Scarlino (direzione Massa Marittima e Bagno di Gavorrano) a principale uso irriguo ed agricolo.

Per l’individuazione di tutti i punti oggetto di verifiche si rimanda alle Tavole 2a e 2b.



12.1 **Compilazione Schede di campo**

Come precedentemente anticipato il sopralluogo su ogni pozzo e piezometro individuato è stato accompagnato da: analisi del loro stato di conservazione, verifica della integrità dei pozzetti e dei tappi di chiusura del pozzo/piezometro, verifica di assenze di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro strumenti-testimone. Per ogni punto raggiunto è stata compilata una scheda di campo, come in **Figura 18** (tutte le schede di campo sono in allegato) riportante le seguenti informazioni:

- **Id Punto**, codice progressivo identificativo di ciascun punto;
- **proprietà**, quando conosciuta da sopralluogo;
- **accessibilità** ed eventuali note all'accessibilità;
- **uso** (monitoraggio, industriale, pozzo barriera, pozzo potabile, pozzo domestico, altro);
- **tipologia** (pozzo, piezometro, altro);
- **rilievo GPS differenziale** (se stato possibile sua esecuzione);
- **battitura bocca pozzo e piano campagna**;
- **profondità** (m) da bocca pozzo e da piano campagna;
- **diametro**;
- **tipologia bocca pozzo**;
- **tipologia completamento**;
- **condizioni generali**.



Rilievo Falda Piana Scarlino					
Id Punto	SC 8				
Proprietà	Scarlino energia				
Accessibilità	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
Uso	<input checked="" type="checkbox"/> Monitoraggio <input type="checkbox"/> Altro	<input type="checkbox"/> Uso Industriale	<input type="checkbox"/> Pozzo Barriera	<input type="checkbox"/> Pozzo potabile	<input type="checkbox"/> pozzo Domestico
Tipologia	<input checked="" type="checkbox"/> PIEZOMETRO	<input type="checkbox"/> POZZO	<input type="checkbox"/> Altro		
Rilievo GPS differenziale	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
Battitura B.P.	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
Battitura P.C.	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
Profondità da B.P.	8				
Livello falda da B.P.	0,36				
Diametro	<input type="checkbox"/> 3"	<input checked="" type="checkbox"/> 4"	<input type="checkbox"/> Altro:		
Tipologia B.P.	<input checked="" type="checkbox"/> Fuori Terra	<input type="checkbox"/> Carrabile	<input type="checkbox"/> Altro		
Tipologia Completamento	<input checked="" type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> HDPE	<input type="checkbox"/> Altro:		
Condizioni generali	<input type="checkbox"/> Buone	<input checked="" type="checkbox"/> Medie	<input type="checkbox"/> Pessime	Note:	
Note:					



Figura 18: Estratto Scheda Rilievo Falda Piana Scarlino

Rispetto alla totalità dei numero 248 pozzi e piezometri di uso vario elencati in fase iniziale, per numero 43 pozzi/piezometri ubicati in tutta la piana non è stato possibile compilare la Scheda Rilievo o perché non è stato rinvenuto il punto in corrispondenza delle coordinate geografiche fornite o perché l'area non era accessibile. Questi i pozzi/piezometri non presenti: SC 37- 38 – 40 – 41 – 43 – 44 – 45 – 46 – 47 – 64 – 65 – 66 – 69 – 72 – 78 – 79 – 88 – 97 – 151 – 152 – 153 – 154 – 164 – 165 – 166 – 169 – 173 – 174 – 175 – 180 – 210 – 224 – 226 – 227 – 228 – 229 – 231 – 232 – 233 – 234 – 235 – 236 – 237.

12.2 Esecuzione rilievo fotografico e georeferenziazione

Individuata la rete di pozzi e piezometri di riferimento e individuati i pozzi e piezometri effettivamente reperiti, al fine di poter ottenere delle informazioni quanto più omogenee possibile, è stata effettuata la **georeferenziazione** di ciascun punto facente parte della rete di riferimento.

La georeferenziazione dei punti è stata effettuata utilizzando le seguenti attrezzature:

- GPS Laica® 1200 plus (con correzione differenziale tramite antenna RTK)
- stazione totale TPS Laica® 705 ultra



Grazie all'utilizzo simultaneo della strumentazione indicata, le misure in coordinate locali sono state ricondotte in coordinate geografiche e quote sul livello del mare. Mediante rilievo con stazione totale è stata ottenuta infatti una planimetria in coordinate X,Y,Z locali (ossia in riferimenti non riconosciuti nei normali sistemi geografici ma individuati sul sito) ma con precisione millimetrica; mediante l'utilizzo di GPS differenziale le coordinate geografiche di alcuni di questi punti potranno essere individuate e restituite nei sistemi di riferimento ufficialmente riconosciuti. Il GPS differenziale, grazie ad un sistema di trasmissione continua di dati con satelliti e ricevitori terrestri, ha permesso di ottenere le coordinate plano-altimetriche di ciascun punto con precisione subcentimetrica. In particolare, per ciascun punto (pozzo o piezometro) sono state restituite le coordinate X e Y nel sistema Gauss Boaga, nonché le coordinate Z relative a bocca pozzo e piano campagna. Grazie alla conoscenza della quota sul livello del mare della bocca pozzo di ogni punto di indagine sarà possibile, nella successiva fase di esecuzione di rilievo freaticometrico, ottenere quota sul livello del mare di ciascun livello freaticometrico in modo da poter ricondurre tutte le misure ad un riferimento assoluto. La georeferenziazione di tutti i punti individuati ha consentito di ottenere una base affidabile con coordinate certe per tutte le successive misure ed elaborazioni.



Figura 19: Esempio Rilievo fotografico con verifica della condizione del piezometro

12.3 Esecuzione rilievo freaticometrico

A seguito della realizzazione e sistematizzazione dei dati di campo e della restituzione di un rilievo topografico in coordinate assolute aggiornato dei punti di interesse, è stato eseguito un rilievo freaticometrico sull'intera rete georeferenziata.

Al fine di ottenere dati significativi e non influenzati da possibili eventi meteorologici, il rilievo freaticometrico è stato effettuato in un arco di tempo minimo (2-3 giorni, febbraio 2013) in modo da poter risultare rappresentativo della reale morfologia dei livelli acquiferi di interesse.



Tutte le misure di livello eseguite sono state riferite alla bocca pozzo, in modo poi da ottenere una quota in coordinate assolute, e sono state riportate sulla Scheda Rilievo con eventuali annotazioni, quando necessarie.

Per ogni piezometro/pozzo sono state effettuate le seguenti operazioni annotate in apposita scheda:

- misura del livello statico della falda;
- verifica della profondità del pozzo o piezometro esistente mediante opportuno scandaglio;
- verifica dell'integrità e la corretta identificazione del pozzetto di campionamento.

I rilievi effettuati, una volta organizzati, sono stati utilizzati per il calcolo delle quote assolute dei livelli piezometrici in metri sul livello medio del mare, al fine della ricostruzione della **morfologia piezometrica** dei vari livelli acquiferi di interesse.

12.4 Gestione dei dati raccolti: il SIT

A seguito di quanto sopra illustrato si è provveduto all'implementazione di un Sistema Informativo Territoriale.

L'implementazione di un Sistema Informativo Territoriale relativo all'enorme mole di dati reperiti (e verificati in campo) durante le fasi precedenti consente una gestione omogenea ed immediata di tutti i dati territoriali, idrogeochimici ed idrogeologici afferenti alla falda della piana di Scarlino riuscendo, nel contempo, a costituire uno strumento informativo univoco sulla falda di Scarlino che può essere messo a disposizione di tutte le amministrazioni pubbliche interessate dal procedimento di bonifica dell'acquifero in oggetto. Il Sistema Informativo Territoriale, oltre a svolgere la funzione di "archivio" digitale univoco dei dati territoriali disponibili e resi disponibili a seguito delle verifiche ulteriori di cui ai paragrafi precedenti, è stato implementato al fine di effettuare tutte le elaborazioni spaziali e cartografiche necessarie per l'implementazione del modello idrogeologico e del progetto di bonifica della falda e per la realizzazione di specifiche carte tematiche.

La tecnologia *GIS (Geographical Information System)* si propone come uno strumento innovativo e funzionale per studi a carattere territoriale. I GIS rappresentano un mezzo fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi preposti all'interno di un SIT (*Sistema Informativo Territoriale*), inteso come l'insieme sistematico dei dati, delle procedure e della strumentazione informatica, inquadrato in un contesto organizzativo il cui scopo è la gestione razionale di tematiche afferenti un dato contesto territoriale. La valenza dell'allestimento di un SIT risiede anche nella possibilità di organizzare le informazioni relative al sito oggetto di studio in un sistema continuamente aggiornabile e integrabile con nuovi tematismi, in qualunque momento successivo la fase di realizzazione del sistema stesso.

La realizzazione del SIT relativo alla falda della piana di Scarlino è stata effettuata tramite l'utilizzo del software ArcGIS vers. 9.x. Preliminarmente alla realizzazione del SIT è stato necessario prima progettare e, di seguito, realizzare un geodatabase territoriale capace di contenere tutti i dati territoriali, idrogeochimici e idrogeologici afferenti alla falda della piana di Scarlino. Lo stesso geodatabase, inoltre, contiene tutti i dati di base per la contestualizzazione territoriale dei dati afferenti alla falda della piana di Scarlino.



PARTE IV ANDAMENTO DI FALDA E SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DELLA MATRICE AMBIENTALE ACQUE SOTTERRANEE

A seguito della conclusione delle verifiche di campo, della ricostruzione dell'assetto stratigrafico della piana di Scarlino e pertanto dell'assetto idrogeologico della stessa, è stato possibile realizzare carte tematiche inerenti la morfologia della falda e l'andamento dei principali parametri chimico-fisici di interesse per ciascun livello acquifero individuato sull'area.

Tale fase è risultata fondamentale per la successiva fase di implementazione di un modello idrogeologico della Piana di Scarlino. Utilizzando i dati freaticometrici/piezometrici complessivamente raccolti nel database, la morfologia delle acque sotterranee rappresentative dei differenti livelli acquiferi e i dati chimico-fisici di interesse sono stati gestiti dal punto di vista informatico, attraverso interpolazioni che ne hanno riprodotto l'andamento al fine di fornire mappe tematiche di facile lettura.

Tali carte tematiche sono state realizzate con il software ArcGIS vers. 9.x che utilizza il metodo di interpolazione spaziale (insieme di tecniche che permette, dato uno spazio dove sono stati misurati in alcuni punti i valori assunti da una grandezza, di determinare i valori nei punti dove tale grandezza non è stata misurata, basandosi sugli altri valori noti) NATURAL NEIGHBOR.

L'interpolazione natural neighbor (NN) è un metodo che si basa sui poligoni di Thiessen (o Voronoi) e che assegna a ciascuno dei punti che costituiscono il dataset di partenza dei pesi basati su quella che viene definita area di influenza. Queste aree di influenza sono identificate attraverso la generazione dei poligoni di Thiessen intorno a ciascun punto di input. I passi necessari a effettuare la interpolazione NN sono i seguenti:

- si crea la triangolazione di Delaunay a partire dall'intero dataset di N punti come fase preliminare per la creazione dei poligoni di Thiessen;
- si generano i poligoni di Thiessen per l'intera regione oggetto dello studio; ogni punto j del dataset di partenza ha il proprio poligono di Thiessen caratterizzato da un'area di estensione pari a A_j ;
- si aggiungono agli N punti del dataset di partenza il punto P del quale voglio stimare il valore della grandezza in esame rifacendo una nuova triangolazione (con $N+1$ punti) e riderivando i poligoni di Thiessen. In questo modo il punto P avrà una propria area di estensione pari a A_p ;
- il nuovo poligono di Thiessen ha "preso in prestito" parti dell'area di influenza dei punti vicini. Questo può essere visto nella **Figura 20** dove il nuovo poligono è stato sovrapposto ai poligoni esistenti nel primo dataset che nel caso in esame erano in numero pari a $k=5$.

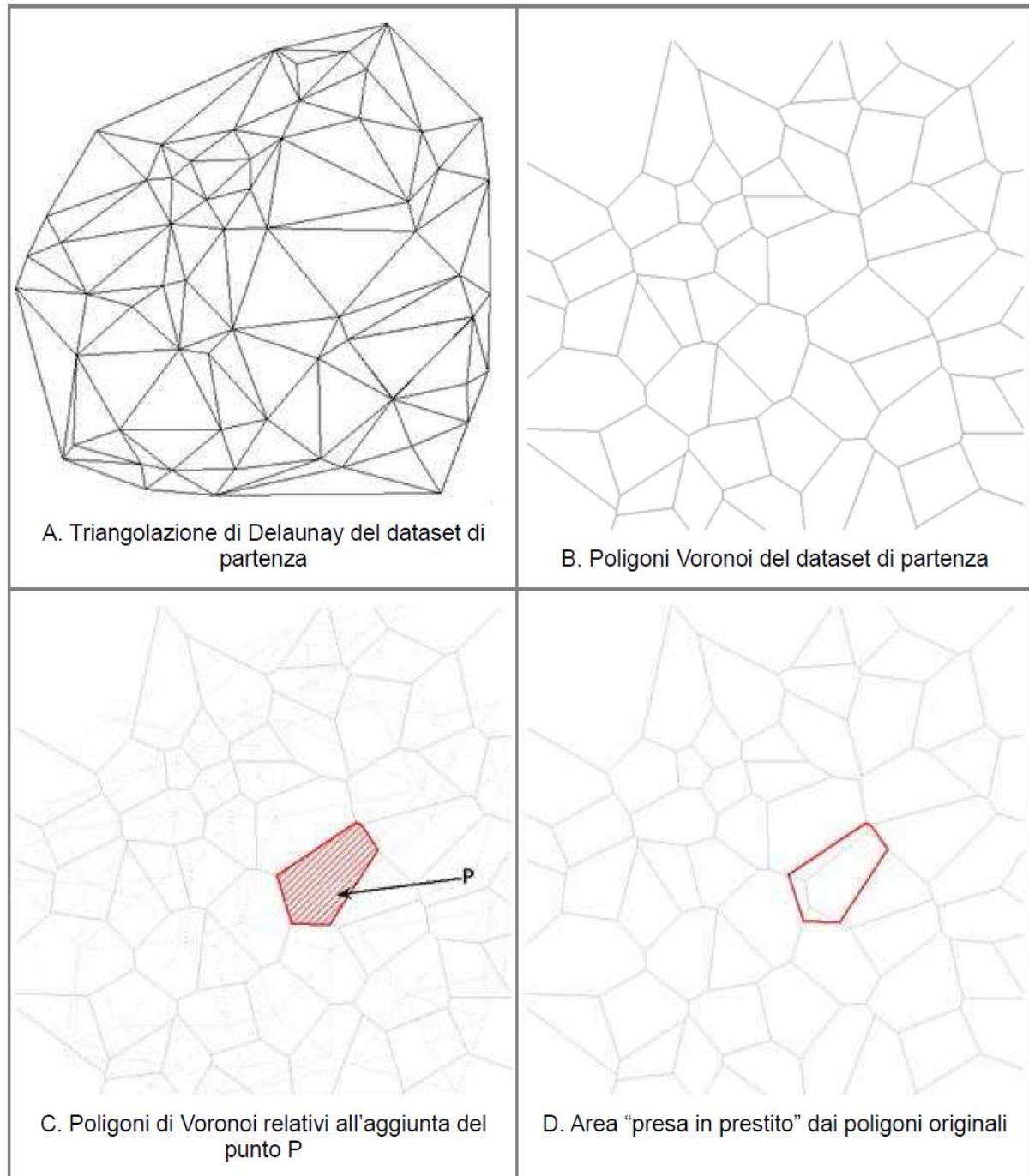


Figura 20: Interpolazione natural neighbor – calcolo dei pesi

A seguito dell'interpolazione effettuata dal software è stato possibile visualizzare carte a curve di livello che hanno mostrato la morfologia della tavola d'acqua e l'andamento delle concentrazioni dei parametri chimico-fisici di interesse. Ciò è stato di fondamentale ausilio per il posizionamento e per la garanzia di efficienza della futura barriera idraulica diffusa.



13. ELABORAZIONE DELLE CARTE ISOFREATICHE

A seguito delle precedenti fasi di raccolta dati, esecuzione delle verifiche di campo e rilievo freaticometrico, effettuato in un arco di tempo minimo (2-3 giorni, febbraio 2013) in modo da poter risultare rappresentativo della reale morfologia dei livelli acquiferi di interesse, si sono ottenute le quote assolute dei livelli piezometrici in metri sul livello medio del mare, al fine della ricostruzione della morfologia piezometrica dei vari livelli acquiferi di interesse.

La suddivisione di tali quote in differenti livelli acquiferi è avvenuta tenendo in considerazione i numerosi dati a disposizione. Innanzitutto le sezioni stratigrafiche reperibili nel database e i dati sedimentologici a disposizione, in secondo luogo, gli studi pregressi sia di area vasta che sito specifici, concentrati nell'area industriale del Casone, che negli anni sono stati condotti. Una sintesi di quanto evidenziato dall'analisi degli studi pregressi è riportato nel paragrafo Idrografia e idrogeologia. La determinazione dei vari livelli acquiferi e la conseguente costruzione delle carte isofreatiche sono state condotte parallelamente alla costruzione del modello idrogeologico della Piana di Scarlino e hanno subito divisioni e costruzioni differenti prima di giungere alla configurazione definitiva, in accordo con il modello, con lo scopo di ottenere una modellizzazione la più rappresentativa possibile della realtà, prerogativa necessaria per una progettazione di dettaglio degli interventi di bonifica.

A seguito delle suddette considerazioni si è provveduto a riconoscere nel sottosuolo della Piana di Scarlino la seguente suddivisione dei livelli acquiferi:

- **1a:** livello acquifero superficiale della falda 1 fra circa 4 e 10 metri di profondità dal piano campagna;
- **1b:** livello acquifero profondo della falda 1 del modello fra circa 13 e 20 metri di profondità dal piano campagna;
- **2:** livello acquifero superficiale della falda 2 fra circa 21 e 50 metri di profondità dal piano campagna;

La divisione della falda 1 (4-20 metri circa dal piano campagna) in ulteriori 2 livelli, come sopra, si è resa necessaria in quanto la lettura dei dati a disposizione a scala ridotta, area industriale del Casone, ha evidenziato la presenza di tali discontinuità, evincibile, nello specifico, dall'analisi delle stratigrafie. Tali discontinuità appaiono invece interconnesse ad area vasta, intera Piana, lasciando esclusivamente la divisione in falda 1 e falda 2.

A scopo chiarificatore si forniscono gli estratti delle Tavole:

- **Tavola 3a:** morfologia falda superficiale 1a;
- **Tavola 3b:** morfologia falda superficiale 1b;
- **Tavola 3c:** morfologia falda superficiale;
- **Tavola 3d:** morfologia falda profonda.

Dall'analisi delle suddette tavole è possibile individuare un andamento e una direzione di falda dei livelli 1a e 1b analoghi, il che conferma l'impostazione generale di una interconnessione, ad area vasta, dei livelli acquiferi 1a (4-10 metri) e 1b (13-20 metri) che risultano, invece, non interconnessi a scala ridotta, località il Casone.

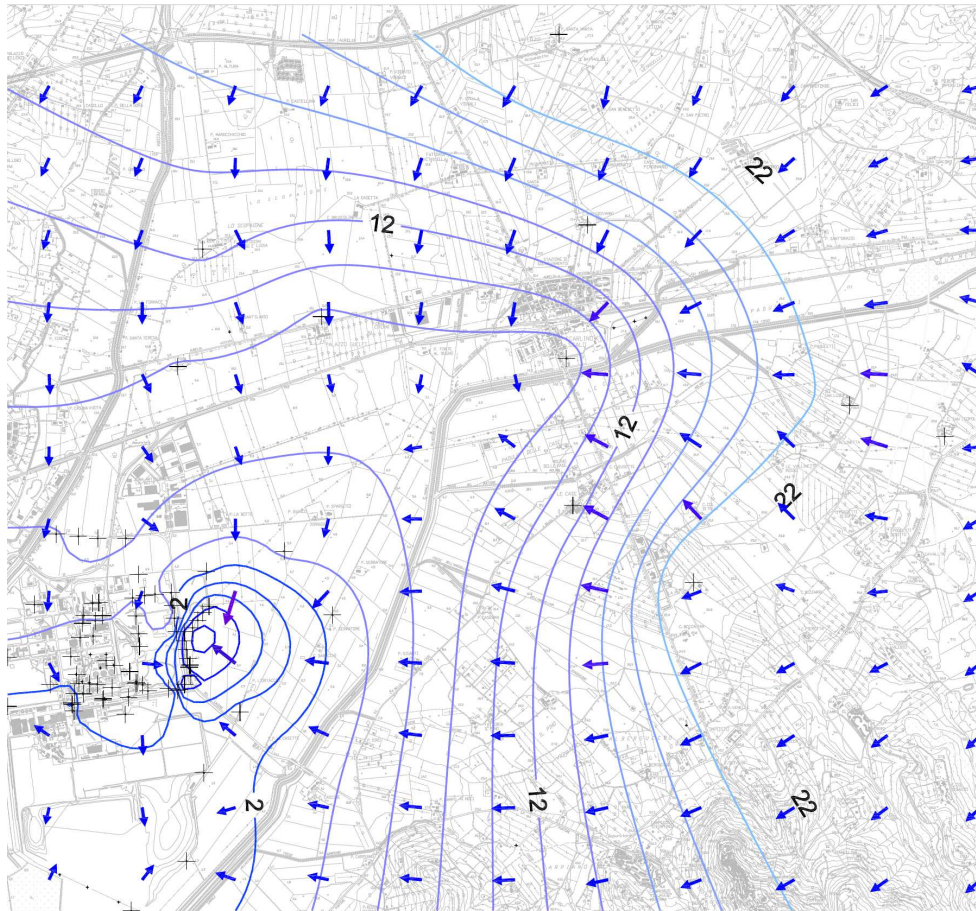


Figura 21: Estratto Tavola 3a: morfologia falda superficiale 1a

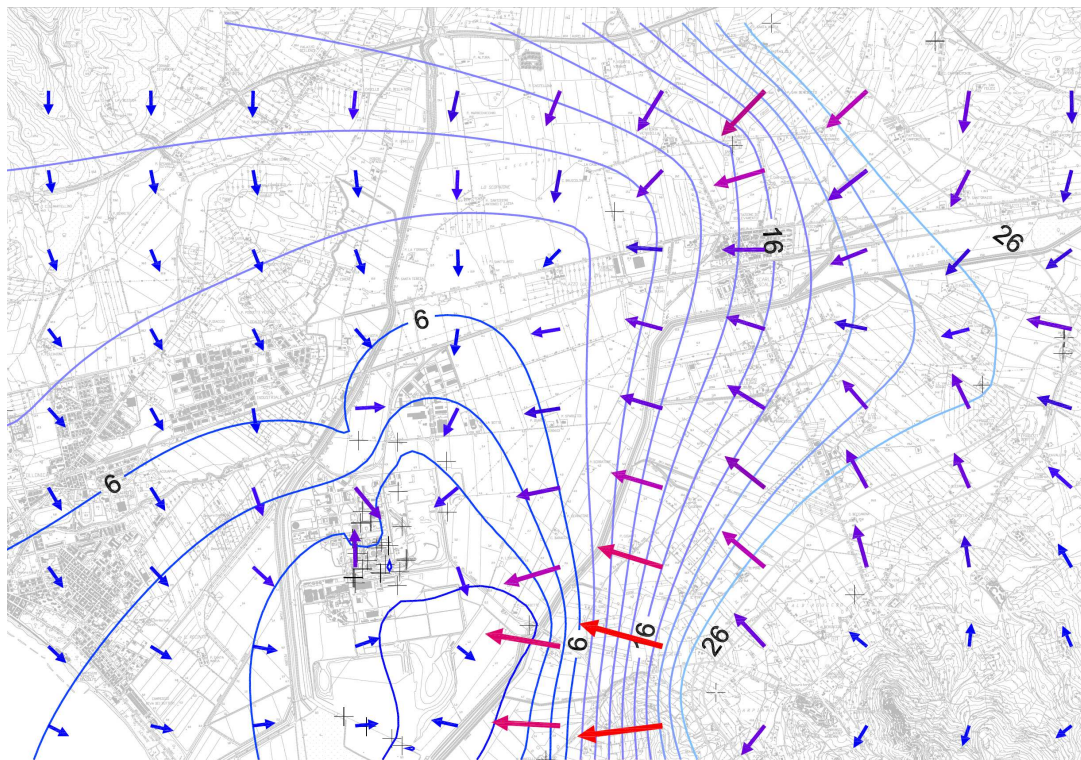


Figura 22: Estratto Tavola 3b: morfologia falda superficiale 1b

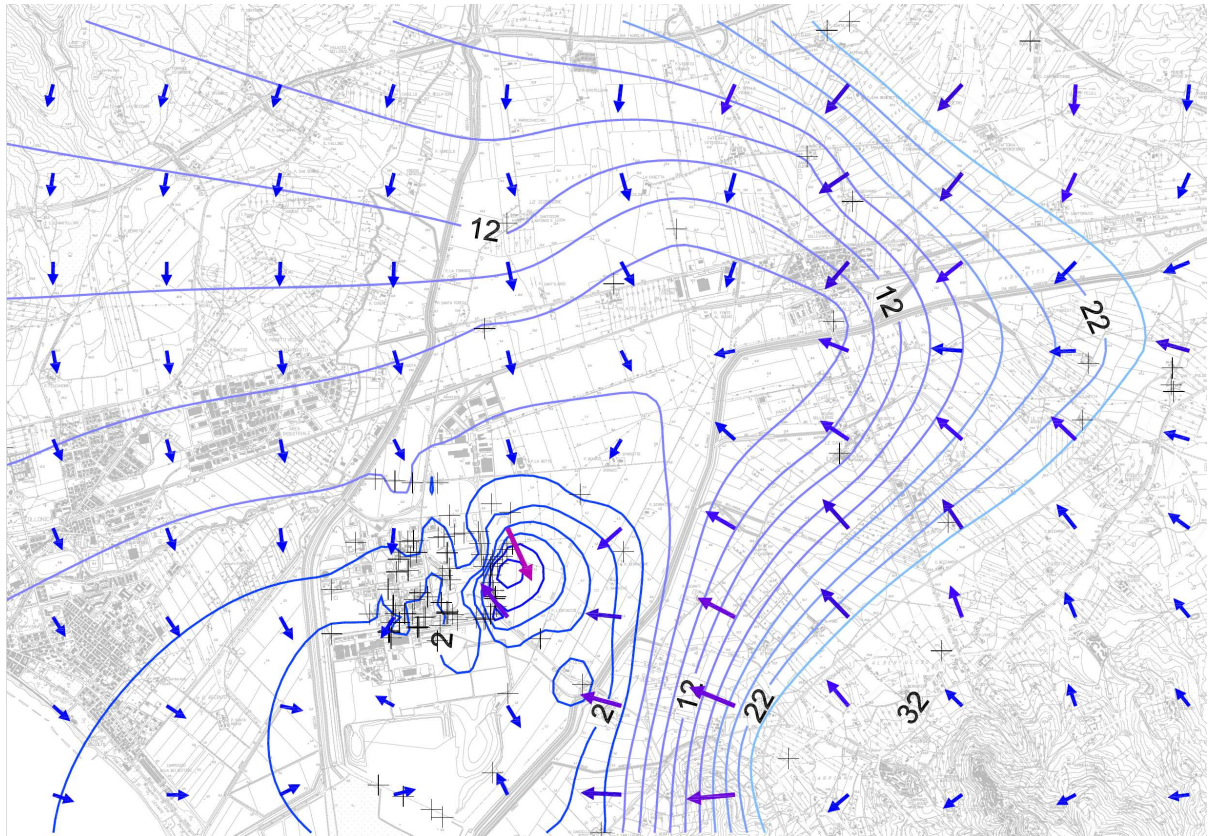


Figura 23: Estratto Tavola 3c: morfologia falda superficiale

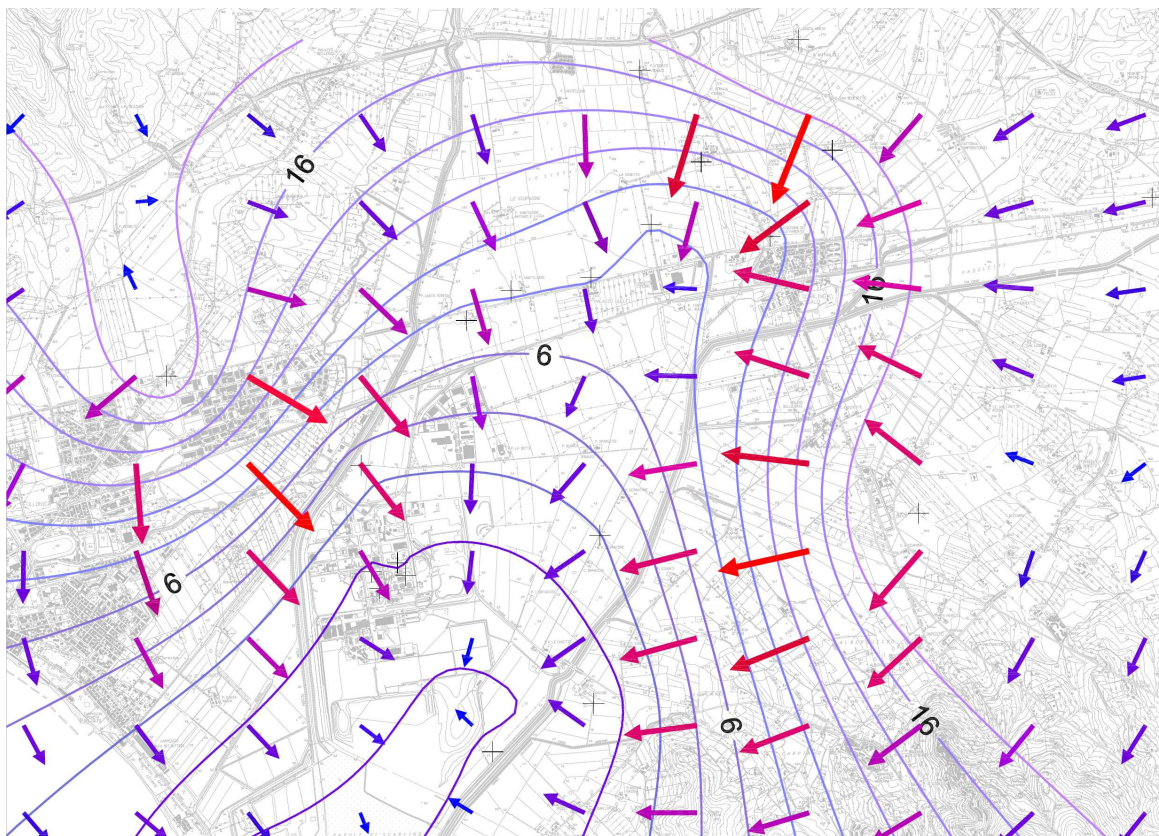


Figura 24: Estratto Tavola 3d: morfologia falda profonda



14. ELABORAZIONE DELLE CARTE DI ISOCONCENTRAZIONE

A seguito della raccolta ed analisi dei dati relativi ai parametri chimici si è provveduto alla costruzione di tavole rappresentative delle curve di isoconcentrazione (stessa concentrazione). Sono state elaborate tavole, per i livelli acquiferi 1a, 1b, falda superficiale (1a+1b) e falda profonda (2), secondo le considerazioni precedentemente fatte sui differenti livelli acquiferi, relative ai parametri traccianti della contaminazione nella Piana di Scarlino, come si può evincere dall'analisi dei dati storici e delle più recenti campagne di indagine condotte.

I parametri traccianti della contaminazione sono risultati essere:

- **Arsenico;**
- **Ferro;**
- **Manganese;**
- **Solfati.**

Per la costruzione delle carte di isoconcentrazione si è cercato di avere una distribuzione la più estesa possibile dei dati analitici relativi ai parametri chimici individuati, questo con lo scopo di ottenere una visione di area vasta e non solo limitata all'area industriale del Casone dove si ha la più elevata numerosità di dati a disposizione. Avendo quest'ultimo come obiettivo prioritario si sono raccolti dati da fonti differenti e da campagne condotte in periodi differenti. Laddove per un punto di monitoraggio (pozzo/piezometro) fossero stati disponibili più valori in periodi (anni o mesi) differenti si è cercato, il più possibile, di rendere i dati confrontabili, prendendo periodi tra loro prossimi. Le analisi utilizzate fanno riferimento a campagne realizzate negli ultimi 8 anni (dal 2005 ad oggi). A scopo chiarificatore si forniscono, per il parametro Arsenico, gli estratti delle Tavole:

- **Tavola 4a:** isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1a;
- **Tavola 4b:** isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1b;
- **Tavola 4c:** isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1;
- **Tavola 4d:** isoconcentrazioni Arsenico falda profonda 2.

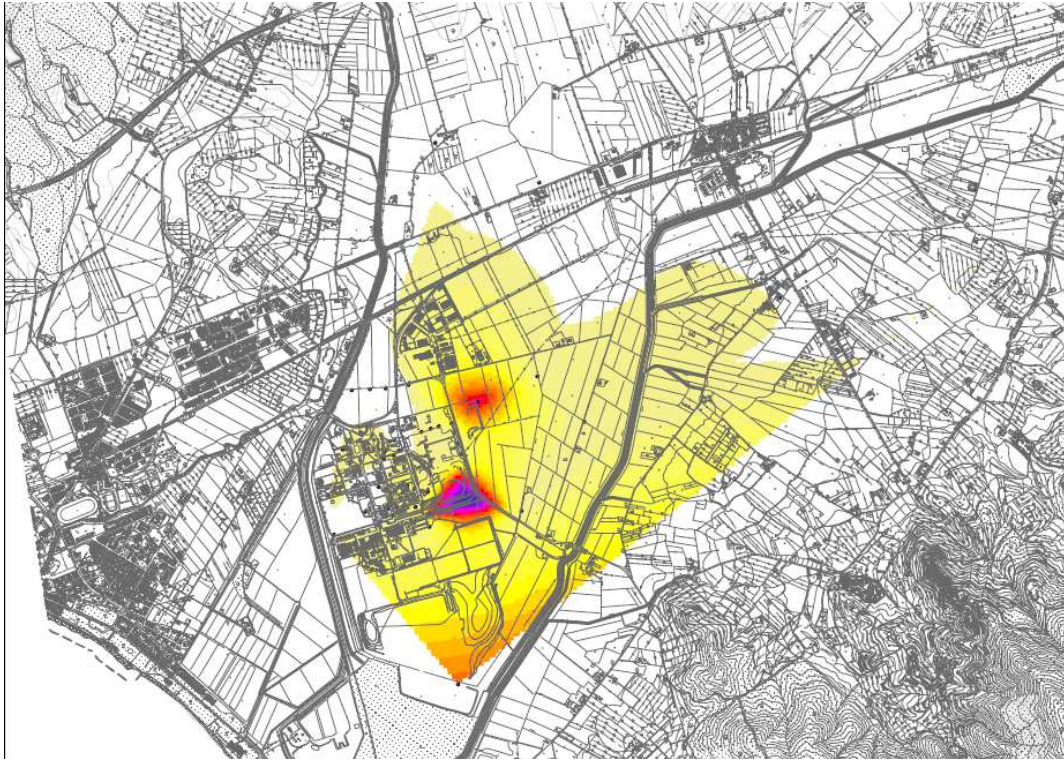


Figura 25: Estratto Tavola 4a: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1a

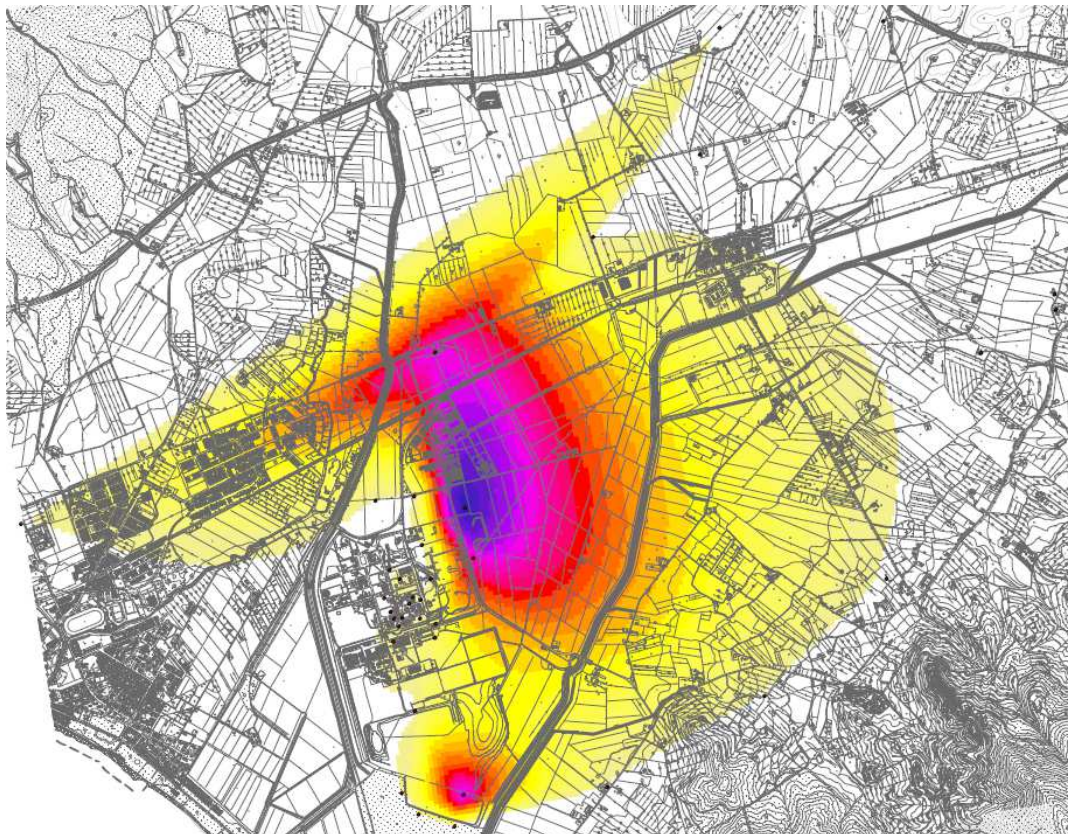


Figura 26: Estratto Tavola 4b: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1b

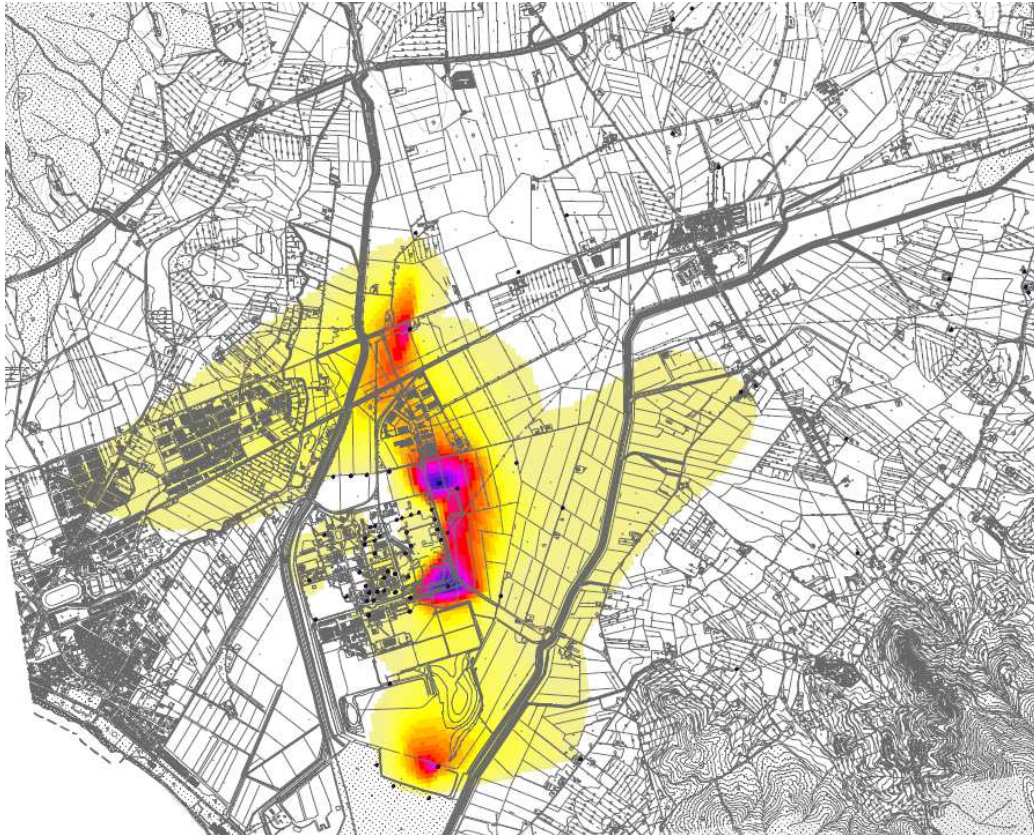


Figura 27: Estratto Tavola 4c: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1

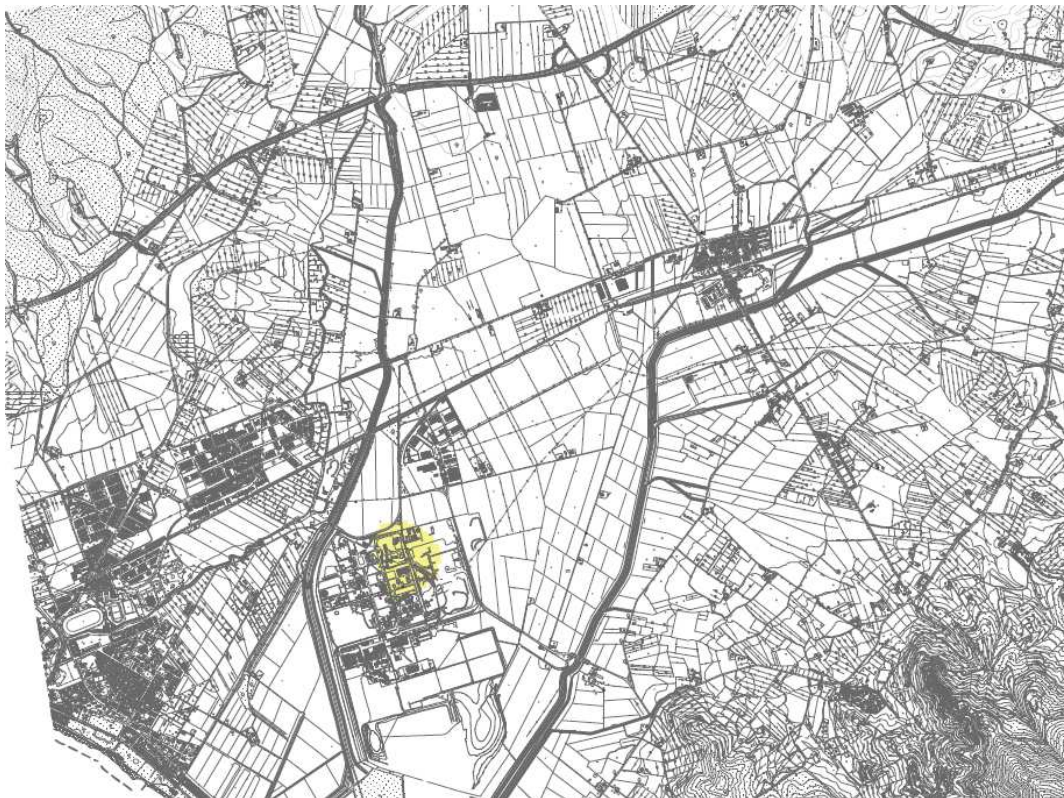


Figura 28: Estratto Tavola 4d: isoconcentrazioni Arsenico falda profonda 2



Legenda

● Punti_falda1b	300 - 350	700 - 750
< 10	350 - 400	750 - 800
10 - 50	400 - 450	800 - 850
50 - 100	450 - 500	850 - 900
100 - 150	500 - 550	900 - 950
150 - 200	550 - 600	950 - 1.000
200 - 250	600 - 650	1.000 - 1.100
250 - 300	650 - 700	1.100 - 1.200
		> 1200

Dalla lettura delle carte di isoconcentrazione ottenute è possibile ottenere sia informazioni sulla distribuzione della contaminazione dei parametri traccianti all'interno della Piana di Scarlino che ottenere ulteriori elementi di conferma della corretta suddivisione dei livelli acquiferi ad area vasta.

Confrontando, infatti le Tavole **Tavola 4c** isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1 e **Tavola 4d** isoconcentrazioni Arsenico falda profonda 2 si evince una sostanziale differenza nei valori della contaminazione. Nella falda superficiale (Falda1) si osservano valori dell'Arsenico, parametro fondamentale della contaminazione della Piana, fino a 100 volte superiori al limite CSC di cui alla tab.2, all.5, parte IV, titolo V del D.Lgs. n. 152/2006 smi, pari a 10 µg/l. Nella falda profonda (Falda2) si osservano valori dell'Arsenico confrontabili al limite CSC di cui alla tab.2, all.5, parte IV, titolo V del D.Lgs. n. 152/2006 smi, pari a 10 µg/l o comunque di poco superiori. Questi elementi risultano ulteriori discriminanti di suddivisione tra i livelli acquiferi, ad area vasta.

Non sono, comunque, da escludere, come si evince nel proseguo del documento, punti isolati ad area vasta in cui può essere ipotizzata una interconnessione tra i veri livelli.

Per un'analisi completa di tutti i parametri traccianti della contaminazione nella Piana di Scarlino si rimanda alle Tavole in allegato, dalla cui lettura dettagliata è possibile individuare alcune aree di criticità all'interno della Piana di Scarlino per i parametri traccianti della contaminazione.

Nello stralcio planimetrico di **Figura 29** si evidenziano tali aree di criticità dove i parametri della contaminazione risultano avere concentrazioni superiori.

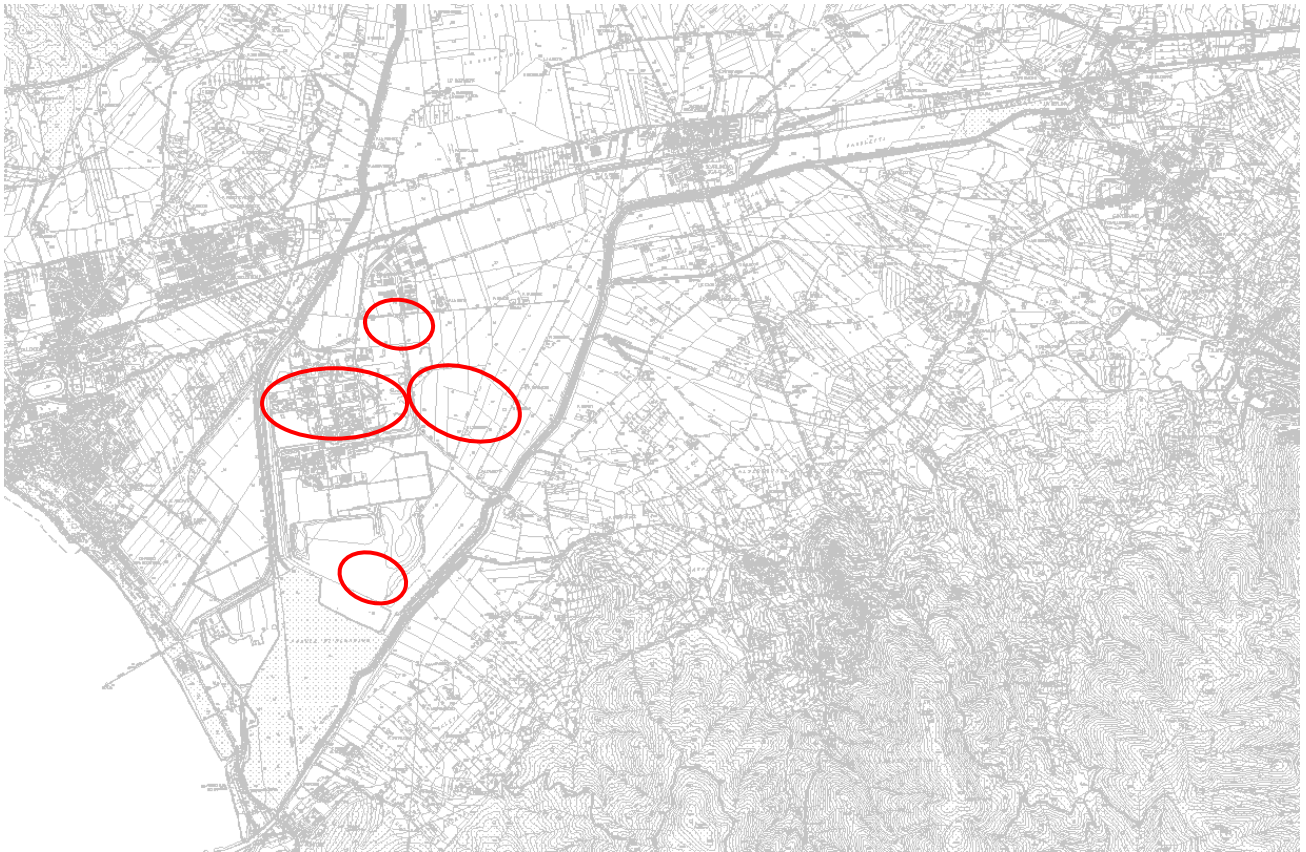


Figura 29. Stralcio planimetrico con indicazione delle zone di maggiore criticità sulla matrice acque sotterranee della falda 1a e falda 1b

L'evidenziazione delle aree di criticità si cui sopra, in termini di estensione e posizione, è stato uno dei criteri che hanno guidato la scelta e la progettazione degli interventi di bonifica presentati nelle sezioni successive.



PARTE V MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA

Al fine di gestire i dati raccolti e sistematizzati all'interno di uno strumento che possa fornire utili informazioni per la comprensione delle condizioni di moto delle falde e dei meccanismi di trasporto implicati, oltre all'utilizzo di un modulo Surfer per la ricostruzione delle superfici piezometriche e all'ausilio del software ArcGIS per la ricostruzione della distribuzione areale dei vari contaminanti all'interno della piana di Scarlino, è stato utilizzato uno specifico software per la modellazione numerica della complessa idrogeologia della piana.

L'utilizzo di un sistema di simulazione del flusso di falda in molti casi risulta essere molto utile per integrare ed elaborare tutti i dati all'interno di un modello generale del sistema falda-acquifero concettualmente coerente e consentire di eseguire eventuali previsioni al variare delle condizioni al contorno.

I modelli numerici possono inoltre rappresentare un'ottima base conoscitiva disponibile per la valutazione di approcci alternativi alla gestione e tutela delle acque sotterranee, mediante una modifica adeguata dell'entità e della distribuzione spaziale degli emungimenti in modo tale da sviluppare uno sfruttamento delle acque sotterranee svolto in maniera sostenibile.

All'interno del presente progetto è stato ricostruito il modello idrogeologico dell'area industriale della Piana del Casone ubicata nella porzione nord occidentale del territorio comunale di Scarlino.

Scopo della modellazione è la ricostruzione del bilancio idrico sotterraneo e della superficie piezometrica dell'area oggetto di interesse. Il modello è stato realizzato come supporto conoscitivo di dettaglio al progetto di messa in sicurezza dell'acquifero esistente nell'area vasta indagata.

La ricostruzione del comportamento idrico sotterraneo tramite l'impiego di un modello numerico è un utile strumento nel processo decisionale che porta alla valutazione dell'effettiva potenzialità della risorsa idrica e che quindi possa prevedere in modo più aderente alla realtà le effettive conseguenze dell'applicazione di un qualsiasi progetto (es. pozzi barriera) di messa in sicurezza dell'acquifero in termini di abbassamento del livello della falda e modifica delle curve isopiezometriche.

Nel caso in oggetto è stato impiegato il codice di calcolo MODFLOW sviluppato dalla USGS su interfaccia GROUNDWATER VISTAS nella versione 4.0.

All'interno dell'ALLEGATO II è presente l'intero studio di modellazione idrogeologica, corredato dalle necessarie carte tematiche ed elaborazioni di dettaglio fondamentali per la definizione degli interventi futuri atti al risanamento ambientale del comparto acque sotterranee per la piana di Scarlino. Si intende pertanto che gli interventi di bonifica nel seguito proposti si sono basati, oltre che sul corpus di studi, indagini e documenti inerenti soprattutto l'idrogeologia e l'idrochimica dell'area, anche sulla modellazione idrogeologica svolta.

Pur rimandando i dettagli dello studio alla lettura dell'ALLEGATO II, di seguito si riportano le conclusioni a cui è giunto il modello di calcolo impostato.



15. CONCLUSIONI DEL MODELLO IDROGEOLOGICO PER LA PIANA DI SCARLINO

La modellazione idrogeologica è sicuramente un metodo più accurato ed affidabile rispetto ai metodi che si basano sull'interpolazione per la determinazione del moto delle acque sotterranee e per il trasporto di sostanze contaminanti. La modellazione, a differenza delle altre metodologie adottabili, consente infatti di considerare le reali caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'acquifero analizzato e soprattutto permette di risolvere il problema tramite la ricerca della soluzione delle equazioni che governano il fenomeno. Un modello si pone quindi in ambito ingegneristico come un valido strumento per il monitoraggio della risorsa idrica sotterranea e per la valutazione di una previsione futura.

Costruire un modello che rappresenti in modo verosimile la realtà è molto difficile perché questa fase della modellazione prevede il trasferimento delle caratteristiche di un sistema complesso in un modello che può essere risolto utilizzando codici numerici. Nel presente lavoro, infatti, le maggiori difficoltà sono state incontrate nella fase di costruzione del modello concettuale ed in particolar modo nella caratterizzazione geologica ed idrogeologica della Piana di Scarlino/Follonica sia perché questa è una zona geologicamente molto complessa (piana costiera con episodi ripetuti di sovralluvionamento da parte di più corsi d'acqua con frequenti interdigitazioni sia verticali che orizzontali ed episodi di ambiente marino e di colmata), sia a causa della presenza discontinua e soprattutto non omogenea di sondaggi e punti con stratigrafia nota nell'ambito dei limiti del Modello che si estende per circa 16 Km² di territorio.

Il Modello si è avvalso della disponibilità di circa 85 pozzi all'interno dei propri limiti di cui solo 35 con stratigrafia nota ed ulteriori 107 piezometri con stratigrafia nota.

Esistono comunque dei validi strumenti d'ausilio alla modellazione che consentono di confrontare i risultati ottenuti con misure in situ; possono per esempio essere utilizzati programmi che permettono di calibrare il modello, cioè di ottimizzarlo in modo che i valori simulati siano il più vicini possibile a quelli misurati in campo.

I risultati ottenuti dalla simulazione del moto delle acque sotterranee nel caso della modellazione della Piana di Scarlino/Follonica possono essere considerati soddisfacenti in quanto confermano le valutazioni contenute negli studi utilizzati come fonte di dati e citati nella bibliografia. Sebbene il modello multistrato costruito (2 acquiferi sovrapposti separati da un acquitardo posto tra -18 e -20 dal p.c.) non sia perfettamente calibrati, l'andamento delle isopieze è congruente con quello riportato negli studi suddetti e conferma la direzione prevalente nord-est/sud-ovest della falda superficiale (da circa -2 dal piano campagna a circa -18 m dal piano campagna) e che trova ulteriore conferma anche per quella profonda (da circa -20 m dal p.c. a circa -50 dal p.c.)

La falda superficiale (modellata fra i -2 m dal piano campagna ai -18 m dal piano campagna) è costituita da livelli acquiferi discontinui costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose a lenti con rare ghiaie in matrice argillosa di permeabilità medio-bassa. Tali livelli sono spesso interdigitali sia verticalmente che orizzontalmente in maniera da creare a grande scala un acquifero interconnesso, anche se a scala



più piccola si può creare su una stessa verticale una situazione di apparente separazione attraverso la presenza di pacchi più o meno spessi di limi argillosi. Gli orizzonti di maggior permeabilità di alternano ad orizzonti acquitardi che consentono comunque una interconnessione tale da determinare complessivamente, sotto l'aspetto idrodinamico, un unico acquifero. A questo proposito si segnala anche che le stesse opere di captazione più vetuste e finalizzate agli usi domestici e non alle bonifiche ambientali, possono costituire vie di interconnessione diretta tra i vari orizzonti dello stesso acquifero. Nel Modello questo acquifero è stato considerato ricaricato dagli apporti di infiltrazione efficace e dalla ricarica laterale e drenato dallo scarico verso il mare simulati sulla base dei carichi piezometrici conosciuti a seguito delle campagne di misura disponibili, per i dettagli si rimanda allo specifico capitolo della presente relazione.

I parametri caratteristici inseriti nel Modello pre-calibrazione per l'acquifero superficiale sono stati i seguenti:

- $T = 1,46 * 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- $S = 7,30 * 10^{-6}$
- $k = 1,83 * 10^{-5} \text{ m/s}$

derivati da prove di pompaggio eseguite appositamente per questo studio.

In fase di pre-calibrazione sono stati inseriti anche gli emungimenti attuali conosciuti per un valore complessivo pari a circa 1,58 lt/sec.

A seguito della calibrazione del Modello per la falda superficiale il valore della permeabilità dello strato acquifero (da -2 m dal p.c. a -18 m dal p.c.) è stato di :

- $k = 2,03 * 10^{-6} \text{ m/s}$

dimostrando una discreta affidabilità della ricostruzione idrogeologica complessiva.

Il Modello dello stato attuale della falda post-calibrazione (cfr. Allegato 2 fig.25) risulta compatibile sia per quote assolute della falda che per andamento generale dei flussi con le ricostruzioni storiche di area vasta disponibili (Studio Prof. Tanelli, Solmine e dati di monitoraggio del presente studio).

La morfologia piezometrica della falda superficiale, indica la presenza di una falda di tipo ellittico (combinazione di 2 tratti di falda cilindrica a depressione parabolica). La falda, dato il basso valore di coefficiente di immagazzinamento, risulta sostanzialmente confinata in accordo con la ricostruzione litostratigrafica degli orizzonti acquiferi costituiti prevalentemente da lenti ed interdigitazioni interne a sedimenti più fini (bacino costiero di colmata – vari episodi di sedimentazione).



Le quote della falda superficiale sono da circa 13 m s.l.m. nella porzione nord e sud-est fino ad un minimo di – 5 m s.l.m intorno alla barriera attiva attuale. La falda mostra comunque quote prossime allo 0 s.l.m. in quasi tutta l'estremità sud del Modello, testimoniando una probabile ingressione del cuneo salino fino a circa 3,5 km dalla linea di costa .

L'acquifero superficiale è separato da quello profondo da un acquitardo modellato con uno spessore di circa 2 m continui in spessore su tutta l'area del Modello con una permeabilità di 10^{-8} m/s. Il suddetto livello di acquitardo è costituito da depositi limoso argillosi.

La falda profonda (modellata fra – 20 m dal piano campagna e – 50 m dal piano campagna) è costituita da livelli acquiferi discontinui costituiti da sabbie e ghiaie prevalenti alternate a limi sabbiosi e sabbie limose di permeabilità medio-alta. Rispetto all'andamento degli orizzonti acquiferi superficiali questi orizzonti hanno maggiore continuità laterale e verticale interrotti localmente da litologie più fini che originano acquitardi. Trattasi comunque di un vero e proprio acquifero sia a grande scala che a scala più piccola completamente interconnesso e di interesse regionale. A questo proposito si segnala anche che le stesse opere di captazione più vetuste e finalizzate agli usi potabili ed industriali, possono costituire vie di interconnessione diretta tra i vari orizzonti dello stesso acquifero e fra i due acquiferi principali (superficiale e profondo). Nel Modello questo acquifero è stato considerato ricaricato dagli apporti di drenanza dall'acquifero superiore (minima) e dalle ricariche laterali simulate sulla base dei carichi piezometrici conosciuti a seguito delle campagne di misura disponibili e drenato dagli emungimenti.

I parametri caratteristici inseriti nel Modello pre-calibrazione per l'acquifero superficiale sono stati i seguenti:

- $T = 9,15 * 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
- $S = 4,79 * 10^{-4}$
- $k = 5,69 * 10^{-3} \text{ m/s}$

derivati da prove di pompaggio eseguite appositamente per questo studio.

In fase di pre-calibrazione sono stati inseriti anche gli emungimenti attuali conosciuti per un valore complessivo pari a circa 117,4 lt/sec.

A seguito della calibrazione del Modello per la falda profonda il valore della permeabilità dello strato acquifero (da -20 m dal p.c. a – 50 m dal p.c.) è stato di :

- $k = 1,35 * 10^{-4} \text{ m/s}$

dimostrando una buona affidabilità della ricostruzione idrogeologica complessiva.



Il Modello dello stato attuale della falda post-calibrazione (cfr. cfr. Allegato 2 fig.26) risulta compatibile sia per quote assolute della falda che per andamento generale dei flussi con le ricostruzioni storiche di area vasta disponibili (Studio Prof. Tanelli, Solmine, Piano Strutturale del Comune di Scarlino).

La morfologia piezometrica della falda profonda, indica la presenza di una falda di tipo cilindrica iperbolica (il gradiente diminuisce in direzione dello scorrimento). La falda, dato il basso valore di coefficiente di immagazzinamento, risulta sostanzialmente confinata in accordo con la ricostruzione litostratigrafica degli orizzonti acquiferi (bacino costiero di colmata – vari episodi di sedimentazione).

Le quote della falda profonda sono comprese da circa 10 m s.l.m. nella porzione nord est fino ad un minimo di – 11 m s.l.m intorno agli sfruttamenti industriali e potabili. La falda mostra comunque quote inferiori allo 0 s.l.m. in tutta l'estremità sud del Modello fino a circa 4 Km di distanza dalla linea di costa.

La falda profonda è complessivamente sovrasfruttata con un deficit idrico di circa 41,4 lt/sec. (in assenza del probabile flusso dal mare rimane sempre un deficit di 1,6 l/s)

Alla luce del quadro sopra delineato sulla base del Modello si prefigurano i seguenti interventi progettuali per la bonifica della falda superficiale:

- estensione della barriera di emungimento in modo da convogliare e bonificare le acque contaminate tenendo in considerazione la sovrapposizione fra le isoconcentrazioni e la morfologia piezometrica per una quantità complessiva di emungimento nella prima falda (falda superficiale) di circa 90 lt/min da distribuire in prossimità dell'area industriale contaminata in un hot spot a valle ed in un secondo hot spot a monte in prossimità dell'area denominata "Zona artigianale La Botte";
- eseguire un attento controllo attraverso video ispezioni di tutti i pozzi di emungimento in maniera da individuare le opere che attraverso i filtri causano interconnessione tra l'acquifero superficiale e quello profondo;
- chiusura mineraria dei pozzi interconnessi o inutilizzati;
- realizzazione di nuove opere sostitutive ove necessario previa verifica della compatibilità con il Modello e filtraggio e drenaggio in un unico livello produttivo.

Il quadro progettuale sopra delineato è stato anche oggetto di analisi modellistica ed il risultato è riportato in fig.31, dimostrando la fattibilità tecnica ed idrogeologica dello stesso.

Per la falda profonda, visto il sovra sfruttamento attuale, non sono da prevedersi incrementi di emungimento futuro ed anzi va predisposto un adeguato progetto di monitoraggio della falda profonda mettendo in campo circa 10 piezometri profondi con controllo piezometrico continuo e parametri qualitativi delle acque, ed eventualmente alla luce dei risultati del monitoraggio ridurre gli emungimenti in modo da ottenere un riequilibrio della falda.

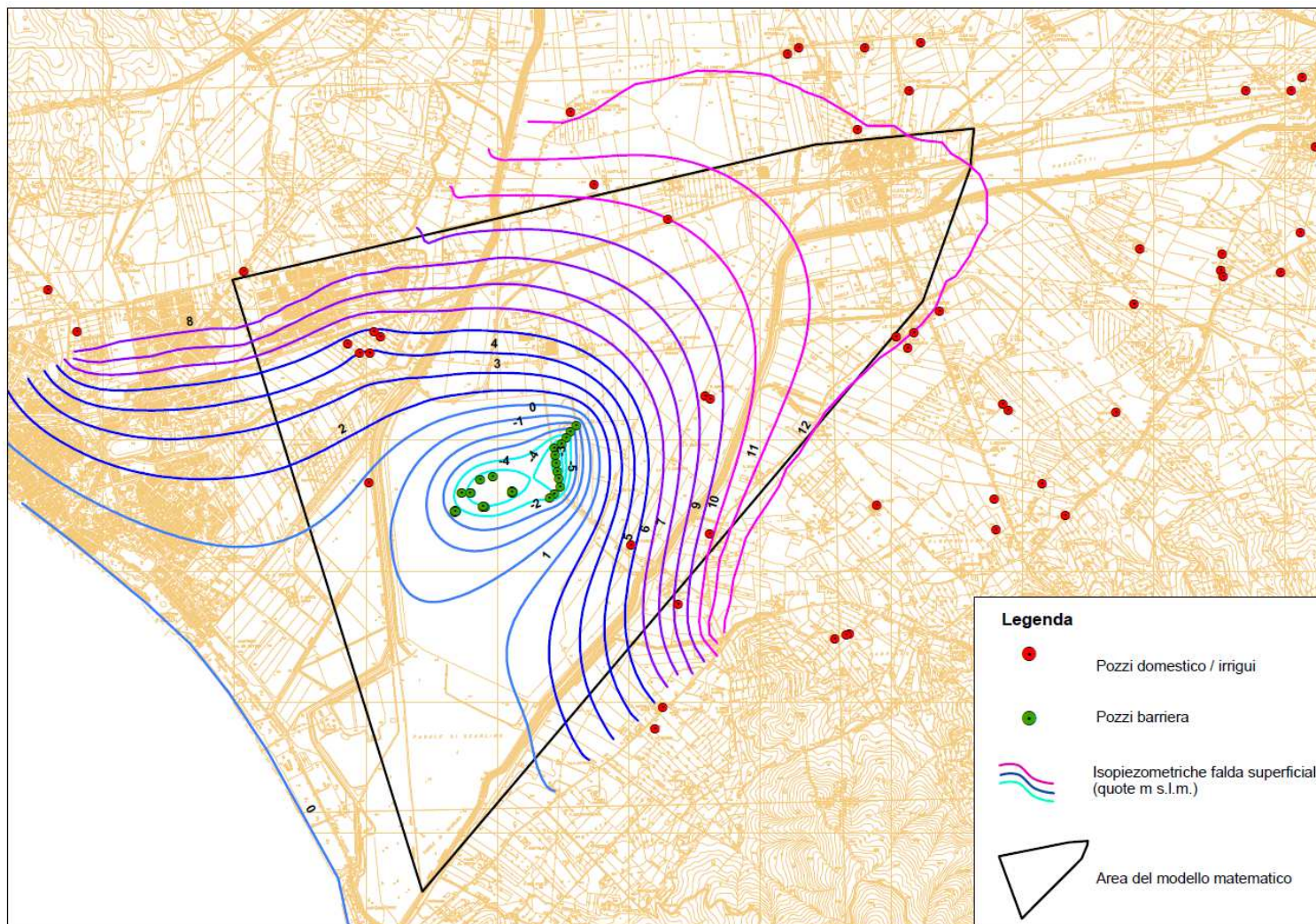


Figura 30. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale nelle condizioni ATTUALI (Modflow 2013)

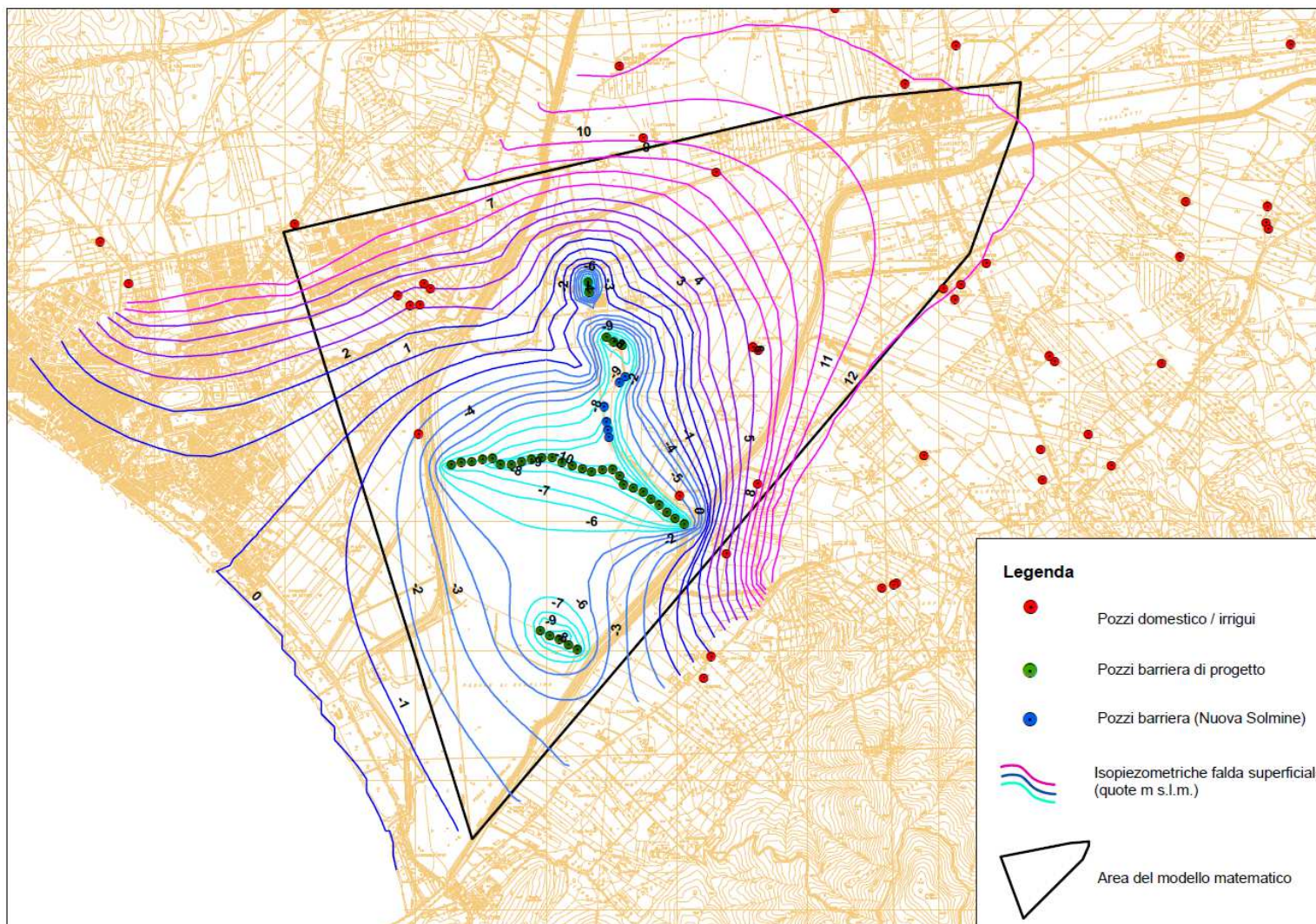


Figura 31. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale nelle condizioni PROGETTUALI (Modflow 2013)



Per quanto riguarda la falda profonda invece (falda 2), visto il sovra sfruttamento attuale, non sono da prevedersi incrementi di emungimento futuro ed anzi va predisposto un adeguato progetto di monitoraggio della falda profonda mettendo in campo circa 11 piezometri profondi con controllo piezometrico continuo e parametri qualitativi delle acque, ed eventualmente alla luce dei risultati del monitoraggio ridurre gli emungimenti in modo da ottenere un riequilibrio della falda.



PARTE VI SCREENING DI VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE IMPIANTISTICHE DI TRATTAMENTO ACQUE ESISTENTI SULL'AREA

Per valutare la possibilità di utilizzare impianti esistenti sul territorio ai fini del trattamento delle acque nell'ottica della possibilità di realizzare un sistema di barrieramento idraulico diffuso, sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti:

- potenzialità di ciascun impianto in termini di quantità massima e media di trattamento del flusso di acque;
- specifiche tecniche di ciascun impianto in termini di potenzialità di abbattimento dei contaminanti fino a raggiungere gli obiettivi di qualità in relazione al successivo utilizzo delle acque (riutilizzo in ciclo industriale, riutilizzo per fini agricoli o artigianali, scarico in corpo idrico superficiale, re immissione in falda, ecc.);
- valutazioni in merito alla fattibilità di eventuali rewamping degli impianti esistenti al fine di renderli idonei a trattare le acque emunte;
- ubicazione degli impianti sul territorio e valutazioni in merito alla rete di collettamento e redistribuzione delle acque.

Di seguito si riporta nel dettaglio l'analisi relativa ai principali impianti industriali insistenti sull'area in esame.

16. INQUADRAMENTO ATTIVITÀ INDUSTRIALI PRESENTI NELL'AREA

All'interno dell'area industriale di Scarlino sono presenti tre società, proprietarie degli impianti ivi insistenti:

- Gruppo Sol.Mar. S.p.A. – proprietario dell'impianto per la produzione di acido solforico ed oleum, oltre che di un impianto di produzione energia elettrica, Nuova Solmine S.p.A. , dell'impianto per la produzione di prodotti per l'igiene della casa Sol.Bat. e del laboratorio di analisi Sol.Tr.Eco. Bonifiche;
- Scarlino Energia srl – proprietario dell'impianto di produzione energia elettrica da fonti alternative rispetto a quelle fossili, ossia dal recupero di energia da rifiuti;
- Huntsman Tioxide Europe srl – proprietario dell'impianto di produzione di biossido di titanio.

Nel capitolo seguente si riporta la descrizione del ciclo idrico presente negli impianti sopracitati e degli impianti di trattamento liquidi presenti nel sito.





 area Sol.Mar.;  area Scarlino Energia;  area Tioxide;  area Syndial;

Figura 32 : suddivisione dell'area industriale del Casone – Fonte: Google Hearth



16.1 Nuova Solmine S.p.A.

Lo stabilimento Nuova Solmine S.p.A. risulta attualmente in possesso dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con Decreto Ministeriale DVA-DEC-2010-997 del 28/12/2010. Tale autorizzazione garantisce l'esercizio dell'impianto da un punto di vista ambientale costituendo autorizzazione alle emissioni in atmosfera, agli scarichi idrici e alla gestione dei rifiuti.

Le attività IPPC presenti all'interno dello stabilimento Nuova Solmine risultano essere le seguenti:

- impianti di combustione con potenza calorifica di combustione superiore a 50 MW;
- prodotti chimici inorganici di base quali acidi (acido solforico e oleum).

L'impianto lavora a ciclo continuo su tre turni, 365 giorni l'anno, e produce:

- acido solforico ed oleum dalla combustione dello zolfo;
- acqua demineralizzata;
- vapore, derivante dal raffreddamento dei gas di combustione e dalla caldaia ausiliaria (alimentata a metano), che in parte viene utilizzato per autoconsumo e nella produzione di energia elettrica e in parte viene ceduto allo stabilimento confinante Huntsman Tioxide;
- energia elettrica, sia per autoconsumo che per la vendita.

Le materie prime utilizzate in stabilimento sono lo zolfo e l'acqua; inoltre vengono impiegati metano e prodotti chimici.

Il metano è utilizzato nella caldaia ausiliaria (sino al 2004 bruciava olio combustibile) per la produzione di vapore, funziona a ciclo continuo per permettere la produzione di energia elettrica per la vendita.

I prodotti chimici, eccetto la materia prima zolfo, sono utilizzati quasi esclusivamente per il trattamento delle acque in ingresso all'impianto di produzione acqua demineralizzata.

Nell'immagine seguente si riporta la schematizzazione del ciclo produttivo dell'azienda:

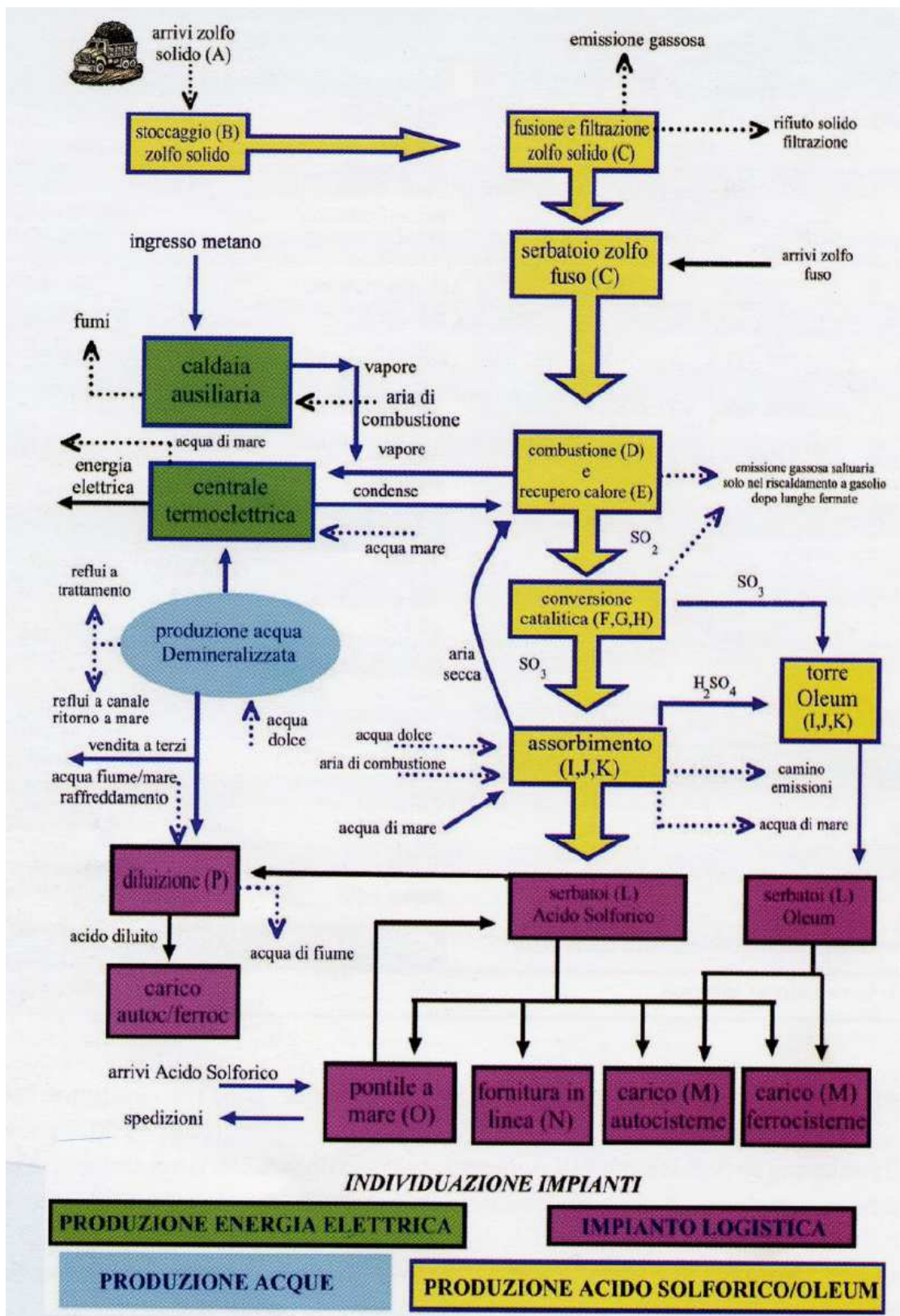


Figura 33. Schema a blocchi – ciclo produttivo Nuova Solmine



Utilizzo di acqua

Il prelievo della risorsa idrica necessaria al funzionamento degli impianti di Nuova Solmine (impianto produzione acido solforico e centrale termoelettrica) viene effettuato da distinte fonti, come di seguito descritte:

1. Acqua di mare: utilizzata per il raffreddamento dell'impianto di produzione di acido solforico e per la condensazione del vapore in uscita dai due turboalternatori per la produzione di energia elettrica; l'opera di presa dell'acqua di mare è regolarmente autorizzata con concessione della Capitaneria di Porto di Livorno n° PAF456 del 23/05/2006.
2. Acqua di pozzo: utilizzata per la produzione di acqua demineralizzata e per diluizione acido solforico nell'impianto di produzione, viene prelevata dalle falde artesiane profonde; il quantitativo prelevato annualmente è registrato da appositi contatori ed il suo emungimento è regolarmente autorizzato della Regione Toscana con D.D. 3893 P.D10537 e D.D. 3894 P.D10503 del 21/09/2006 e con Prat.307 del 20/09/97.
3. Acqua di fiume: utilizzata per la produzione di acqua demineralizzata e per il raffreddamento dell'impianto di diluizione dell'acido solforico. L'emungimento di acqua dal Canale di Valpiana (ex Gora delle Ferriere) è autorizzato con Concessione rep. 1803 prat. 299 emesso dall'Amministrazione Provinciale di Livorno in data 27/11/1974, ed oggi di competenza dell'Amministrazione Provinciale di Grosseto.
4. Acqua dolce da galleria di scolo: la società capta fin dal 1975 per uso industriale le acque sotterranee fuoriuscenti dalla galleria di scolo della Miniera di Gavorrano sita nel Comune di Gavorrano (GR) in località S.Giovanni con un acquedotto privato fino allo stabilimento. E' stata inoltrata in data 29 Settembre 1999 un'istanza per rilascio concessione preferenziale ex.art. 4 R.D. 11/12/1933 n.°1775 e art 1, comma 4, D.P.R. 18/02/1999 n°238. L'utilizzo di tale acqua dolce è autorizzato dalla concessione D.D. 3895 P.D10537 rilasciata dall'Amministrazione Provinciale di Grosseto in data 21/09/2006.

Inoltre lo stabilimento è approvvigionato di acqua potabile mediante acquedotto comunale e, in caso di emergenza idrica, può anche essere approvvigionata di acqua proveniente dalle miniere di proprietà ENI (zone di Gavorrano e Fenice Capanne).

Scarichi idrici

All'interno dell'impianto Nuova Solmine sono presenti differenti punti di scarico; il controllo quali-quantitativo viene fatto periodicamente secondo quanto stabilito nell'autorizzazione AIA in vigore.

I reflui idrici che si formano da:

- refrigerazione impianto di produzione acido solforico (SF1);
- condensazione vapore turbogruppo (SF2);
- fognature per raccolta acqua meteorica (SF5) proveniente da strade e piazzali che non risultano potenzialmente contaminate;
- concentrato da impianto di osmosi inversa (SF4);



- sfiori da canale di adduzione acqua di mare - l'eccesso di acqua in ingresso dal canale di adduzione, mediante stramazzi, viene inviato nel canale di ritorno a mare regolando in tal modo il flusso di acqua verso il bacino di raccolta interno e quindi verso le utenze.

non necessitano di depurazione e vengono inviate singolarmente e direttamente nel "Canale di ritorno a mare".

E' inoltre presente un impianto di trattamento reflui industriali, TAS – Trattamento Acque Superficiali, che permette la gestione delle acque meteoriche dilavanti potenzialmente contaminate, delle acque di processo altrimenti inviate all'impianto off-site di Scarlino Energia oltreché le acque derivanti dalle operazioni di bonifica presso l'area di proprietà della società Syndial S.p.A. E' stata comunque mantenuta la possibilità di inviare all'impianto off-site i reflui indicati in caso di manutenzione straordinaria dell'impianto stesso. Le acque scaricate da tale impianto vengono quindi inviate allo scarico (SF4) dove un pozzetto di ispezione ne permette il controllo qualitativo.

Per quanto infine concerne le acque domestiche (SF3), all'interno dello stabilimento è presente un idoneo impianto di depurazione costituito da un impianto di depurazione biologica del tipo ad aerazione prolungata con riciclo. Nel seguito si riporta la descrizione degli impianti di trattamento in oggetto.

Impianto di trattamento acque reflue industriali

La potenzialità massima dell'impianto di trattamento risulta pari a 83 m³/h. L'impianto è costituito da una vasca di accumulo, una vasca di neutralizzazione, un sedimentatore ed un sistema di filtrazione fanghi; inoltre per i flussi contenenti polverino di zolfo è prevista un'ulteriore vasca di accumulo ed un sistema di filtrazione zolfo.

L'acqua proveniente dalla vasca di accumulo iniziale e dalla vasca di accumulo per acque contenenti polverino di zolfo, viene pompata alla vasca di neutralizzazione; per le acque contenenti polverino di zolfo prima d'immettersi in vasca di neutralizzazione viene eseguita una filtrazione tramite un sistema corredato di cartucce filtranti sovrapponibili con un grado di filtrazione di 53 µm. In vasca di neutralizzazione viene quindi eseguito il dosaggio dei prodotti chimici (idrossido di sodio e acido solforico) per portare il valore di pH ai valori ottimali di flocculazione nel range 8,1-8,8. La vasca di neutralizzazione viene mantenuta in agitazione tramite mixer e sistema di agitazione tramite aria compressa.

L'acqua neutralizzata viene quindi ripresa ed inviata al sedimentatore fino a svuotamento della vasca di neutralizzazione. Nel tratto di tubazione vasca di neutralizzazione - sedimentatore è prevista l'iniezione di cloruro ferrico per ottimizzare la quantità di coagulante nelle acque da trattare. All'arrivo nel sedimentatore è prevista l'iniezione del flocculante (polielettrolita) in modo proporzionale alla portata da trattare, in modo da avere la flocculazione e conseguentemente la sedimentazione dei fanghi. Il trattamento dei fanghi viene eseguito da un sistema filtrante a filtro pressa, in modo da ottenere un fango estratto dopo filtrazione con un contenuto di secco attorno al 30%.

L'acqua chiarificata viene inviata al canale dopo controllo in linea ridondante di pH, torbidità, e conducibilità. Un sistema automatico di valvole ricircola l'acqua trattata nella vasca di accumulo iniziale nel caso in cui i valori fossero fuori-specifica. I tempi di accumulo con ricircolo aperto sono di cinque ore. Nel caso di fuori-specifica si può procedere comunque con il blocco dei sistemi di lavaggio dei filtri con la possibilità di allungare i tempi di ricircolo.



Impianto di trattamento acque reflue domestiche

L'impianto biologico di trattamento dei reflui domestici si compone delle seguenti sezioni:

- pozzetto di sollevamento;
- grigliatura;
- dissabbiatura;
- ossidazione biologica;
- sedimentazione e chiarificazione finale;
- clorazione dell'effluente chiarificato;
- essiccamento dei fanghi.

L'acqua in arrivo all'impianto viene inviata in un pozzetto di raccolta, avente un volume di circa 5 m³, in cui sono situate due pompe sommerse azionate da una serie di galleggianti. All'ingresso del pozzetto è posta una griglia grossolana a cestello estraibile per trattenere i solidi presenti nel liquame. I liquami in arrivo, prima di essere inviati alla successiva fase di trattamento, subiscono una grigliatura fine, effettuata con una griglia a pulizia automatica, azionata ad intervalli di tempo regolati da un timer. In caso di eventuali disservizi, la griglia automatica viene esclusa mediante una paratia ed entra in funzione una griglia manuale posta in parallelo a quella automatica.

Dopo la grigliatura è prevista una dissabbiatura a doppio canale dell'effluente, con by-pass per effettuare la pulizia del canale in esercizio ed assicurare quindi sempre un regolare funzionamento dell'impianto.

L'ossidazione avviene in una vasca al cui interno sono posti due gruppi di ossigenazione del tipo ceramico poroso. L'aria viene alimentata alla vasca mediante 2 soffianti dotate di silenziatori e filtro di aspirazione, aventi ciascuna una portata di 140 m³/h.

La sedimentazione viene effettuata in un manufatto a pianta quadrata con fondo a piramide rovesciata, al cui interno è posto un diffusore in lamiera zincata ed una canaletta di sfioro per la raccolta dell'acqua chiarificata. I fanghi depositati vengono prelevati da una pompa ed inviati al ricircolo fanghi e al sistema di essiccamento fanghi, costituito da una batteria di 8 sacchi filtranti. Il percolato ottenuto viene inviato nuovamente in testa all'impianto per essere trattato.

L'acqua depurata che stramazza dal chiarificatore viene clorata utilizzando ipoclorito di sodio. Al termine del trattamento l'acqua viene inviata alla recapito finale (SF3).



16.2 Scarlino Energia

Lo stabilimento Scarlino Energia srl risulta attualmente in possesso dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dalla Provincia di Grosseto con Determina Dirigenziale n. 2988 del 24/10/2012. Tale autorizzazione garantisce l'esercizio dell'impianto da un punto di vista ambientale costituendo autorizzazione alle emissioni in atmosfera, agli scarichi idrici e alla gestione dei rifiuti.

Le attività IPPC presenti all'interno dello stabilimento Scarlino Energia risultano essere:

5.2/1.1 – impianto di incenerimento rifiuti/impianto di combustione superiore a 50 MW

5.1/5.3 – impianto eliminazione rifiuti pericolosi e non pericolosi

L'attività principale di Scarlino Energia è costituita dalla produzione di energia elettrica da fonti alternative rispetto a quelle fossili, ossia dal recupero di energia da rifiuti. Un'ulteriore attività riguarda la gestione dell'impianto di trattamento acque reflue.

L'impianto di recupero energetico ha tre linee di combustione; ognuna è costituita da un sistema focolare-caldia per la produzione di vapore che poi viene trasformato in energia elettrica.

All'attività di gestione dell'impianto di produzione di energia si affianca la gestione dell'impianto di trattamento reflui liquidi (TRL) che oltre a chiudere il ciclo dell'impianto con l'attività di depurazione delle acque derivanti dall'abbattimenti dei fumi, è idoneo e svolge anche la funzione di trattamento di effluenti prodotti da terzi.

Nelle immagini seguenti si riporta la schematizzazione del ciclo produttivo dell'azienda.

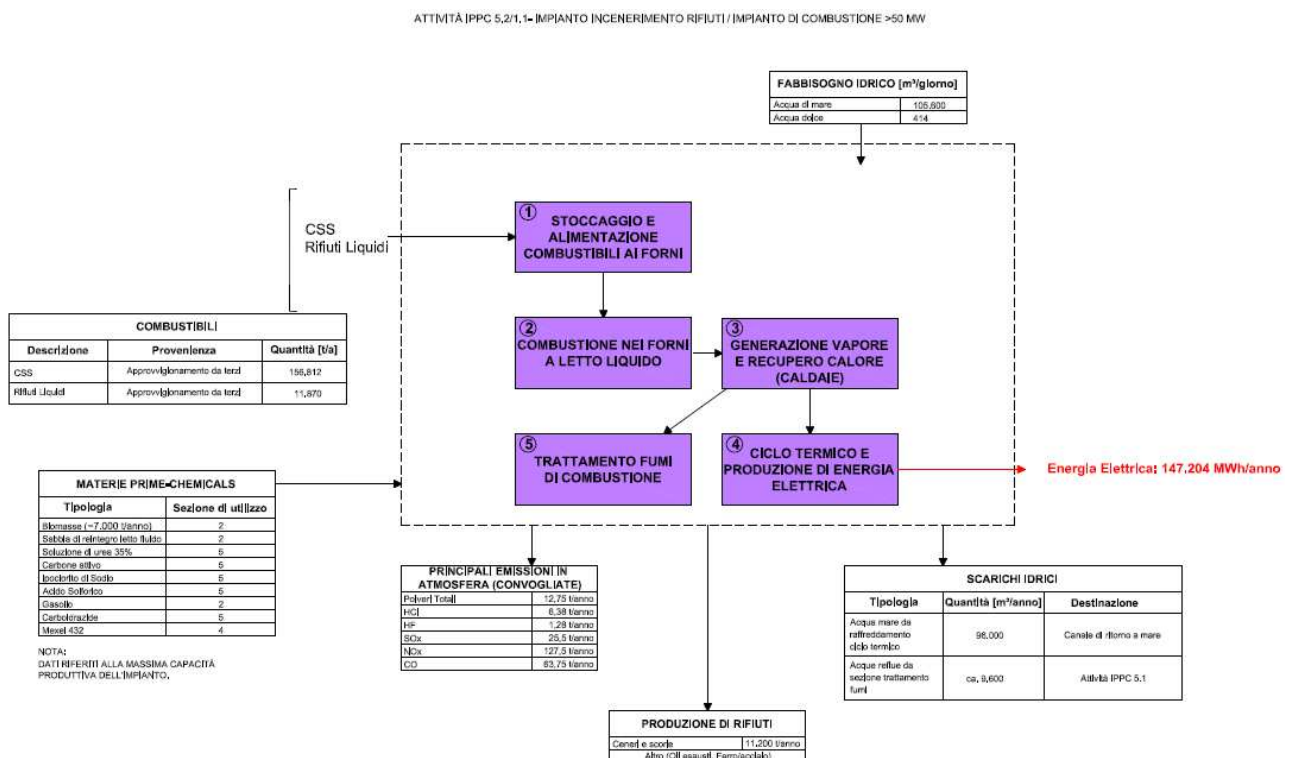


Figura 34. Schema a blocchi – ciclo produttivo Scarlino Energia – impianto di incenerimento



i

ATTIVITÀ IPPC 5.1 e 5.3 - IMPIANTO CHIMICO-FISICO ELIMINAZIONE RIFIUTI (TRL)

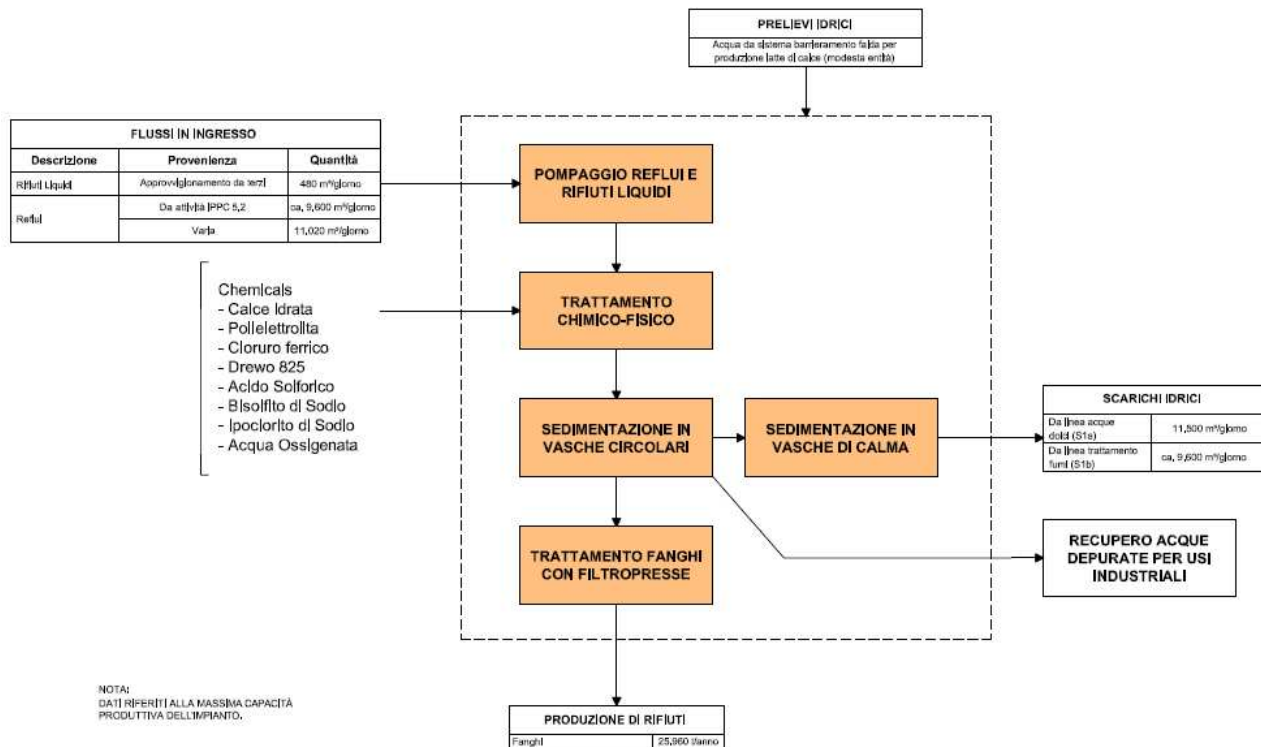


Figura 35. Schema a blocchi – ciclo produttivo Scarlino Energia – trattamento reflui liquidi

Utilizzo di acqua

L'approvvigionamento di acqua per il corretto funzionamento degli impianti viene effettuato principalmente dallo stabilimento Nuova Solmine.

In particolare Nuova Solmine fornisce a Scarlino Energia le seguenti risorse idriche:

- acqua di mare - utilizzata nell'impianto di incenerimento per il circuito di raffreddamento del condensatore, a valle del quale l'acqua viene restituita al circuito di scarico senza alcun trattamento in quanto non viene a contatto con altri fluidi di processo, e per il circuito di lavaggio fumi in torre acida, a valle del quale è previsto il conferimento all'impianto di trattamento acque;
- acqua demineralizzata - utilizzata per il reintegro di acqua alle caldaie;

Ulteriori acqua utilizzate nel ciclo produttivo, derivanti da un riutilizzo interno delle acque, risultano essere le seguenti:

- acqua industriale - fornita dal sistema di recupero delle acque di scarico del TRL, viene utilizzata nella torre di lavaggio alcalina, nel sistema di umidificazione delle ceneri e nella rete lavaggi e manichette. In caso di indisponibilità, tale acqua viene anch'essa prelevata da Nuova Solmine.



- Acqua di barrieramento – l'acqua prelevata dai pozzi, necessari ad effettuare la barriera idraulica e mantenere la falda ad un livello costante, viene inviata alla preparazione del latte di calce utilizzato poi nell'impianto di trattamento reflui liquidi TRL.

Scarichi idrici

All'interno dell'impianto Scarlino Energia sono presenti differenti punti di scarico; il controllo quali-quantitativo viene fatto periodicamente secondo quanto stabilito nell'autorizzazione AIA in vigore.

Gli scarichi idrici dell'impianto sono rappresentati da:

- acque in uscita dall'impianto TRL, ed in particolar modo da:
 - linea di trattamento acque dolci (S1a), in cui confluiscono anche le acque meteoriche dilavanti ed i rifiuti liquidi conferiti da terzi;
 - linea di trattamento delle correnti liquide risultanti dal processo di abbattimento inquinanti dei fumi di combustione (S1b);
- acqua mare di raffreddamento del ciclo termico (S2).

Per quanto concerne le acque dei servizi civili presenti all'interno dell'impianto, questi vengono inviati al depuratore biologico di proprietà di Nuova Solmine.

Nel seguito si riporta la descrizione dell'impianto di trattamento reflui in oggetto.

Impianto di trattamento reflui

Il sistema di trattamento è costituito da due linee. Una linea è interamente dedicata al processo di depurazione dei reflui del lavaggio dei fumi di combustione, trattati separatamente da tutti gli altri flussi nella linea ad essi dedicata e scaricati nel punto S1b, la seconda linea è invece destinata al trattamento di acque dolci. Inoltre, in ingresso all'impianto TRL sono inviati i rifiuti liquidi autorizzati al trattamento.

La linea dell'impianto TRL, destinata al trattamento delle acque di depurazione fumi di combustione, comprende le seguenti fasi di trattamento:

- pompaggio reflui al comparto chimico-fisico;
- trattamento chimico-fisico suddiviso nelle seguenti quattro sezioni: ingresso reflui da trattare e dosaggio latte di calce idrata; miscelazione con latte di calce (neutralizzazione); dosaggio cloruro ferrico; dosaggio e miscelazione polimero anionico; demetallizzante;
- sedimentazione in vasca di forma circolare a trazione periferica (diametro 33 cm);
- trattamento fanghi con filtropresse a piastre.

Nella sezione di neutralizzazione gli effluenti vengono trattati con calce idrata, aggiunta in quantità stechiometrica definita automaticamente da un sistema di regolazione di pH, programmato al fine di ottenere un refluo allo scarico con pH tra 8 e 9,5.



La torbida ottenuta dopo la neutralizzazione viene inviata al sedimentatore circolare di 33 m di diametro, dove avviene la sedimentazione dei fanghi favorita chimicamente mediante aggiunta di additivi e flocculanti.

I fanghi estratti dal fondo del decantatore vengono inviati ad una stazione di ispessimento costituita da filtropresse. Sono presenti nella stazione due filtropresse, una collegata alla linea fumi ed una collegata alla linea acque dolci. In caso di malfunzionamento di una delle due linee i flussi possono essere invertiti. I fanghi non possono però essere miscelati. Per questo motivo un terzo piazzale per lo stoccaggio è disponibile nella zona ispessimento.

Le acque chiarificate sfiorate dal top del sedimentatore circolare sono convogliate, previo controlli in continuo di temperatura, pH e portata, ad una delle vasche di calma.

L'impianto dedicato al trattamento dei rifiuti liquidi è composto da una sezione di reazione e una di sedimentazione, costituita da due sedimentatori, più il trattamento fanghi tramite filtropresse. La sezione di trattamento è suddivisa in quattro vasche:

- batch da 30 m³;
- batch da 60 m³;
- batch da 90 m³ (collegabile alla quarta vasca);
- vasca per il trattamento in continuo da 90 m³.

La vasca da 30 m³ viene utilizzata per il trattamento dei rifiuti pericolosi non miscelabili con altri e quindi la capacità è stabilita pari a quella di un serbatoio. La vasca da 60 m³ può essere utilizzata sia per il trattamento di rifiuti pericolosi miscelabili (due serbatoi), che per rifiuti non pericolosi non miscelabili (un serbatoio). La vasca da 90 m³ sarà utilizzata per rifiuti non pericolosi miscelabili. Le sue dimensioni sono lasciate invariate rispetto alla struttura esistente in modo da utilizzarla per il trattamento di eventuali flussi in emergenza da Nuova Solmine e/o da miniera di Gavorrano. La struttura delle vasche consente comunque trattamenti di batch di quantitativi che non raggiungono il riempimento delle stesse.

I batch vengono utilizzati per il trattamento dei rifiuti liquidi provenienti dallo stoccaggio sopradescritto. La vasca in continuo viene invece utilizzata per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti e per le acque di bonifica Syndial. Tutte e quattro le vasche sono dotate di agitatore e sistema di dosaggio dei reagenti. Le tre vasche batch hanno il fondo conico con scarico valvolato.

I reagenti utilizzabili sono: Calce, Soda caustica: alcalinizzante; Acido solforico: acidificante; Cloruro ferrico: per la precipitazione; Bisolfito di sodio: per il trattamento del cromo esavalente; Ipoclorito di sodio: per il trattamento dei cianuri e ammoniacca; Solfuro di sodio o equivalente: demetallizzante; Polielettrolita: flocculante; Acqua ossigenata: riduzione COD. La sezione di sedimentazione è comune alle quattro vasche.



16.3 *Huntsman Tioxide Europe*

Lo stabilimento Huntsman Tioxide Europe srl risulta attualmente in possesso dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dalla Provincia di Grosseto con Determinazione n.773 del 02/04/2012.

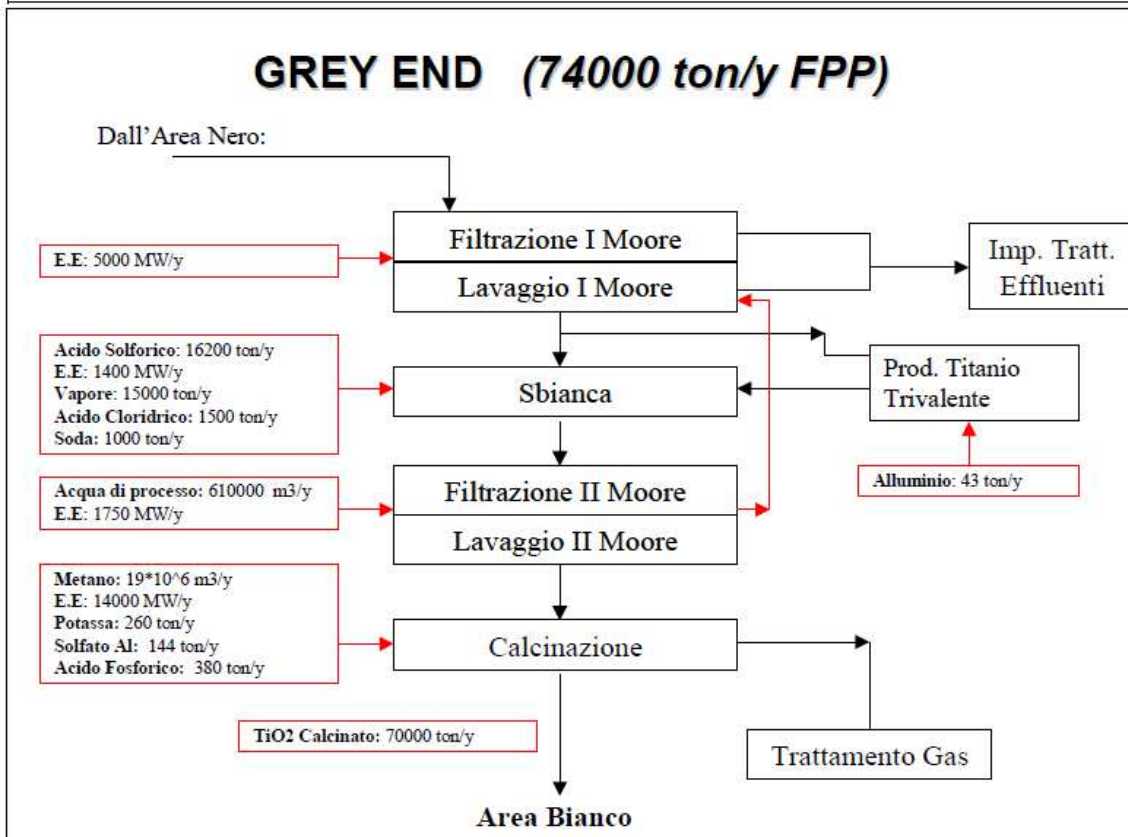
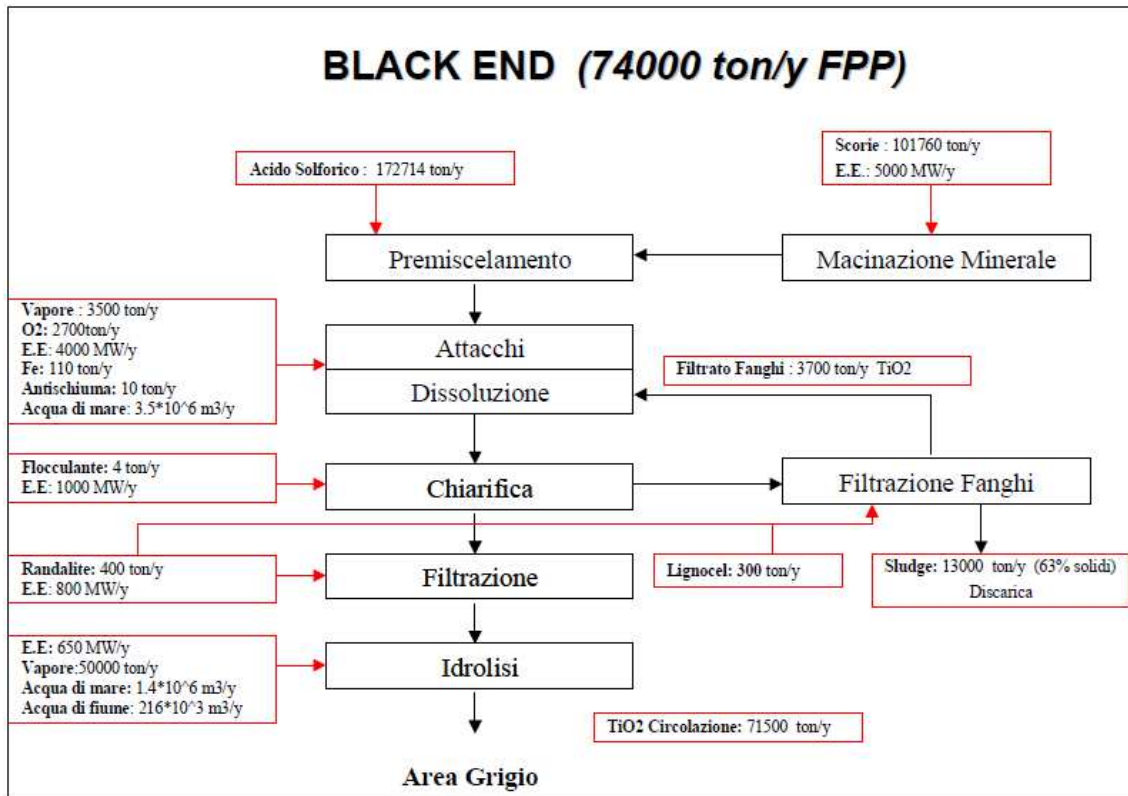
Tale autorizzazione garantisce l'esercizio dell'impianto da un punto di vista ambientale costituendo autorizzazione alle emissioni in atmosfera, agli scarichi idrici e alla gestione dei rifiuti.

Le attività IPPC presenti all'interno dello stabilimento Huntsman Tioxide risultano essere:

- *impianti chimici per la fabbricazione di metalloidi, ossidi metallici o altri composti inorganici, quali carburo di calcio, silicio, carburo di silicio*
- *discariche che ricevono più di 10 tonnellate al giorno o con una capacità totale di oltre 25.000 tonnellate, ad esclusione delle discariche per i rifiuti inerti*

La produzione di biossido di titanio avviene con un processo di produzione in continuo 365 giorni all'anno.

Le descrizioni e gli schemi semplificati che seguono, riassumono il processo di produzione del biossido di titanio ed indicano i flussi principali di materie prime ed energia. L'impianto può essere suddiviso in tre sezioni principali denominate: BLACK END (Area Nero in quanto il colore nero del minerale e quello dominante nelle soluzioni trattate); GREY END (Area Grigio in quanto in questa sezione si passa dal colore nero al colore bianco); WHITE END (Area Bianco in quanto il colore dominante delle soluzioni e dei prodotti finiti e bianco).



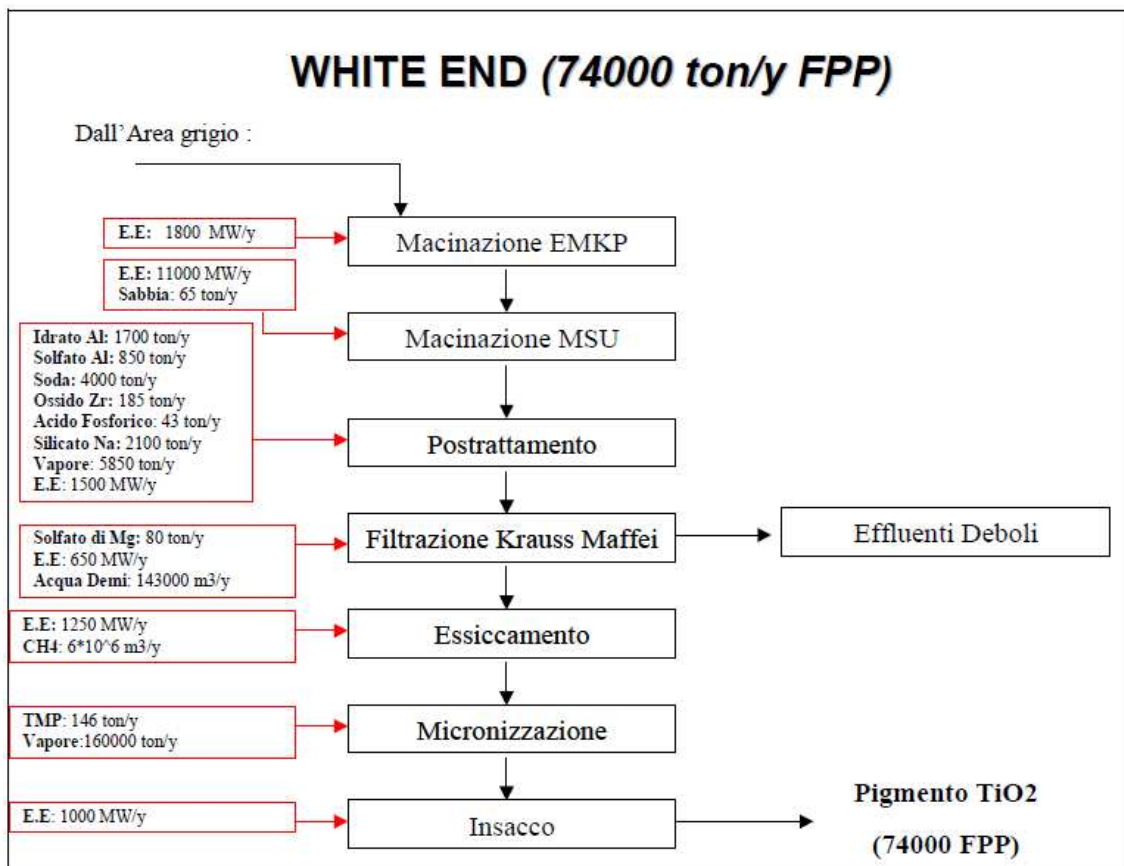


Figura 36. Schema a blocchi – ciclo produttivo Huntsman

Approvvigionamento idrico

L'approvvigionamento di acqua per il corretto funzionamento degli impianti viene effettuato principalmente dallo stabilimento Nuova Solmine.

In particolare Nuova Solmine fornisce a Tioxide le seguenti risorse idriche:

- acqua industriale – derivante da pozzi, corso d'acqua superficiale e mare, viene utilizzata per il raffreddamento degli impianti, il lavaggio filtri, i sistemi di abbattimento, ecc.
- acqua demineralizzata, di processo e di atterramento - utilizzata per varie fasi del processo produttivo;

Un'ulteriore utilizzo d'acqua è rappresentato dall'acqua potabile, proveniente dall'acquedotto pubblico, che viene utilizzata da tutte le utenze civili.

Scarichi idrici

I reflui liquidi che si originano dal processo di produzione si distinguono in "rifiuti leggermente acidi" e "rifiuti fortemente acidi"; entrambe le tipologie di rifiuto liquido necessitano, prima della loro immissione nel corpo recettore, di un adeguato trattamento al fine di eliminare la loro acidità ed i sali metallici in essi disciolti.



Ugualmente, sia le acque piovane, sia le acque nere provenienti dai servizi igienici di stabilimento subiscono idoneo trattamento prima del loro scarico a mare.

L'impianto presenta un unico scarico finale (denominato D) nel corpo ricettore (mare), al quale afferiscono i seguenti tre flussi:

- scarico S1 - reflui industriali; le acque reflue potenzialmente inquinate da sostanze acide e metalli, le acque in uscita dall'impianto di trattamento degli effluenti forti e le acque meteoriche vengono inviate in un impianto di trattamento degli effluenti deboli (wet). Dette acque trattate vengono inviate in un bacino e quindi allo scarico finale;
- scarico S2 - raffreddamento compressori;
- scarico S3 - acque nere civili provenienti dai servizi igienici presenti, trattate in un idoneo impianto biologico.

Nel seguito si riporta la descrizione dell'impianto di trattamento reflui in oggetto.

Impianto di trattamento reflui industriali

I flussi dei rifiuti fortemente acidi vengono inviati ad un apposito impianto di neutralizzazione effluenti, dove subiscono il processo chimico di neutralizzazione, consistente in un progressivo innalzamento del pH della soluzione, in modo tale da eliminare l'acidità, producendo solfato di calcio (gesso rosso), e facendo precipitare i metalli che a bassi valori di pH si trovavano in soluzione.

A questo punto la fase solida è separata da quella liquida per filtrazione e le acque madri di filtrazione, così ottenute, sono inviate all'impianto di trattamento degli effluenti deboli, dove completano la separazione con la fase solida e poi sono scaricate in mare.

L'impianto di trattamento reflui debolmente acidi tratta sia i reflui debolmente acidi propriamente detti, sia le acque provenienti dalla filtrazione dei "Gessi Rossi", avvenuta nell'impianto di trattamento reflui fortemente acidi.

Il processo di neutralizzazione dei reflui leggermente acidi consiste in un trattamento chimico fisico seguito da una sezione di decantazione/chiarificazione.

Nella sezione di neutralizzazione vengono utilizzati due reattivi basici: NaOH e $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

La soda caustica è fortemente reattiva in quanto è una base forte e poiché è fisicamente omogenea rispetto all'effluente da trattare viene utilizzata per smorzare il pH. La calce, meno reattiva, viene utilizzata per raggiungere il pH di 8,5 – 9 e per far precipitare una piccola quantità di solfato di calcio, che viene poi inviato all'impianto di trattamento effluenti forti per la sua rimozione. Tali condizioni risultano ottimali per il funzionamento del polielettrolita anionico utilizzato per la flocculazione.

La sezione di flocculazione/decantazione è a sua volta divisa in due parti: la prima in cui viene dosato il flocculante ed il solfato di calcio di reintegro al fine di favorire la nucleazione e crescita dei fiocchi ed una seconda in cui i fiocchi più pesanti, formati nella sezione precedente, precipitano velocemente mentre quelli più leggeri, che tenderebbero a sfiorare con il liquido limpido, impattano contro il riempimento lamellare a nido d'ape e vengono così spinti verso il basso.



Il solfato di calcio, contenente impurezze di altri metalli ossidi metallici, viene ispessito nel fondo del decantatore e poi estratto e disidratato in un'opportuna sezione di presso filtrazione, che si trova presso l'impianto di neutralizzazione e trattamento effluenti forti.

Le acque madri del filtro vengono alimentate all'impianto di neutralizzazione mentre il fango viene messo a discarica.

I reflui debolmente acidi e le acque madri di filtrazione dei reflui fortemente acidi sono scaricati a canale di ritorno a mare, qualora rispettino i limiti stabiliti dalla normativa.

Impianto di trattamento acque reflue domestiche

I reflui civili prodotti nello stabilimento sono convogliati in un apposito impianto di trattamento.

Il depuratore biologico è collocato nella parte più ad est della fabbrica; i reflui da trattare lo raggiungono tramite il collettore di recente costruzione e risulta essere costituito da quattro vasche in serie.

L'impianto si compone essenzialmente di 4 sezioni:

- Vasca di sollevamento che riceve i reflui civili, sollevati alla successiva vasca di equalizzazione per mezzo di due elettropompe sommerse;
- Vasca di equalizzazione interrata che serve a polmonare il refluo da trattare per mantenere il più costante nel tempo sia il carico idraulico che quello di materiale organico. In questa sezione dell'impianto sono montate una soffiante, dotata di 4 diffusori a membrana per una pre-areazione e agitazione, e da una elettropompa sommersa per il trasferimento delle acque da trattare al successivo comparto;
- Vasca di ossidazione e sedimentazione interrata divisa in due parti: la prima è il comparto di ossidazione ed è dotata di una soffiante e 12 diffusori a membrana, la seconda è il comparto di sedimentazione;
- Vasca di raccolta e sollevamento reflui trattati e acque meteoriche.

Le acque trattate sono immesse nel canale di ritorno a mare, tramite condotta dedicata dotata di pozzino di campionamento. Le acque piovane dell'area impianti e discarica di gessi rossi sono raccolte ed inviate all'impianto di trattamento reflui debolmente acidi. Le acque di raffreddamento sono immesse immediatamente nella tubazione di scarico, a valle del punto di campionamento. Esse stesse sono, comunque, campionabili.



PARTE VII PROGETTO DI BONIFICA

La presente sezione costituisce il corpus fondamentale dell'intero elaborato, e fornisce la descrizione dettagliata dei criteri progettuali e operativi adottati al fine di risanare dal punto di vista ambientale il sito in oggetto.

Il seguito del documento affronta preliminarmente le linee essenziali che costituiscono l' "ossatura" del progetto, e che permettono di avere un quadro generale degli interventi previsti, entrando poi successivamente nel dettaglio tecnico e operativo di detti interventi.

Essi sono stati suddivisi in n.2 fasi temporalmente e operativamente distinte, come segue:

- ✓ FASE I: progettazione di un intervento di bonifica mediante implementazione di un sistema di barrieramento idraulico così concepito:
 - *falda 1*: n.3 linee di barrieramento: la prima, che sfrutta in parte quella già esistente e la integra creando una linea senza soluzione di continuità che corre indicativamente da Ovest a Est della Piana; la seconda, a valle idrogeologica della prima (zona Padule di Scarlino) di sviluppo minore rispetto alla precedente; la terza, a carattere puntuale, dedicata alla gestione di hot spots (zona La Botte);
 - *falda 2*: creazione di una rete piezometrica di monitoraggio che sfrutta gli attuali pozzi/piezometri esistenti e di caratteristiche costruttive idonee, integrata da una serie di nuovi piezometri di monitoraggio; successiva campagna di analisi sulle acque di falda ("punto zero") funzionale ad ottenere un ampio set di dati idrochimici, necessario per poter elaborare, in modo simile a quanto già svolto nel presente progetto, mappe relative allo stato di qualità chimica della falda 2 ad area vasta;
- ✓ FASE II: progettazione fase di censimento e ispezione pozzi uso irriguo e idropotabile presenti sulla piana, finalizzata all'eventuale futura cementazione pozzi non idonei (es.: interconnessione falde) e/o integrazione con nuovi pozzi; campagne di monitoraggio periodico ad hoc della falda 1 e falda 2 funzionali all'ottenimento di maggior dettaglio nelle conoscenze relative a zone specifiche della piana, per eventuale controllo/ottimizzazione/calibrazione del barrieramento di cui alla precedente fase 1.

Tale scelta è parsa la più opportuna in considerazione del fatto che la progettazione per fasi permette un approccio progressivo alla bonifica dell'area in oggetto, tale per cui da un lato pone in atto con relativa rapidità interventi di risanamento ambientale, mentre dall'altro consente un controllo su più piani (verifiche funzionalità barrieramento, monitoraggio andamento contaminazione, controllo caratteristiche pozzi ad oggi non censiti, etc.) ed eventualmente una calibrazione e/o ottimizzazione del sistema progettato nel tempo. Vi è inoltre da sottolineare come un intervento ad area vasta, nonostante il set di dati e informazioni in possesso, si porti con sé una serie di incognite (aree con minor popolazione di dati rispetto ad altre, approssimazioni necessarie nella ricostruzione della geologia e idrogeologia dei luoghi, etc.) alcune delle quali possono essere risolte soltanto dopo un periodo di start up e monitoraggio degli interventi proposti.

Il seguito del documento entra nel dettaglio di quanto appena discusso.



17. STRATEGIE E OBIETTIVI DI INTERVENTO SULLE ACQUE SOTTERRANEE

Nella definizione delle strategie e degli obiettivi di intervento sulle acque sotterranee dell'acquifero superficiale e più profondo presenti al di sotto dell'area della piana di Scarlino occorre innanzitutto tenere in considerazione quanto segue:

- L'acquifero superficiale, modellizzato secondo i criteri descritti in precedenza, è un sistema caratterizzato da due livelli differenti, idraulicamente separati tra loro a scala ridotta, ma presumibilmente interconnessi ad area vasta.
- I due layer di cui al punto precedente, denominati *falda 1a* e *falda 1b*, mostrano a scala vasta un andamento del flusso molto simile tra loro.
- Il sistema acquifero superficiale (*falda 1a* e *1b*) risulta caratterizzato da eterogeneità sia dal punto di vista idrogeologico (di cui si è già discusso) che da quello idrochimico: per ciò che concerne il livello di contaminazione infatti, l'acquifero superficiale presenta superamenti diffusi di alcuni parametri inorganici, con differenti livelli di concentrazione; dal punto di vista idrogeologico, l'acquifero superficiale presenta scarsa potenzialità e permeabilità piuttosto variabili da zona a zona in relazione alle alternanze litologiche.
- Il sistema acquifero profondo (denominato *falda 2*) presenta una maggiore omogeneità rispetto a quello superficiale, principalmente dal punto di vista idrogeologico (si tratta infatti di un sistema acquifero dotato di maggiore permeabilità e potenzialità rispetto a quello superficiale, con una direzione di flusso specifica che ricalca l'andamento del paleovalve). Anche nel sistema acquifero profondo si rilevano anomalie di composti inorganici e metalli.
- Sottoponendo a interconfronto i due sistemi acquiferi falda 1 e falda 2, è immediatamente rilevabile come il sistema maggiormente impattato dalla contaminazione risulti essere il primo, vale a dire quello più superficiale, mentre per quello più profondo lo stato qualitativo, sia per grado che per estensione, risulti migliore;
- Entrando più nel dettaglio dell'acquifero superficiale, incrociando i dati relativi alla contaminazione dei due layer falda 1a e falda 1b è possibile verificare una sostanziale corrispondenza tra le situazioni: tale corrispondenza sembra supportare di fatto la modellazione idrogeologica che, ad area vasta, restituisce un acquifero superficiale costituito, come ampiamente detto, da due livelli localmente separati, ma interconnessi a scala vasta; se non lo fossero, ci si sarebbe dovuti aspettare una non sovrapposibilità, e quindi una netta differenziazione, tra i risultati analitici sul layer 1a rispetto all'1b;
- Su alcune aree della piana sono già in atto da tempo interventi di MISE/bonifica delle acque sotterranee, attivati a seguito delle varie indagini ambientali svolte sui singoli siti di proprietà in relazione al rinvenimento di contaminanti in elevate concentrazioni e quindi di situazioni di potenziale rischio di diffusione della contaminazione.
- Tali interventi di disinquinamento della falda messi in atto sui vari stabilimenti, se da una parte è pur vero che hanno mirato al risanamento dei sistemi acquiferi dai medesimi contaminanti, dall'altra va



comunque sottolineato che sono stati configurati tenendo conto inevitabilmente delle singole aree di proprietà, e non dell'area vasta in cui sono inseriti;

- Le azioni di risanamento della falda attualmente attive sui vari stabilimenti della piana sono costituiti tutti da sistemi di barriera idraulico: essi, pur non essendo collegati tra loro, sono già singolarmente serviti da un sistema di collegamenti elettrici e idraulici, da tubazioni e utilities; come facilmente intuibile, le acque emunte, inoltre, vengono trattate all'interno di sistemi/impianti di trattamento progettati per gestire carichi e tipologie di contaminanti simili tra loro.

Preso atto di quanto sopra, l'intervento da realizzare sull'area della piana relativamente alla matrice ambientale acque sotterranee avrà come scopo principale la bonifica delle acque sotterranee della falda superficiale, per entrambi gli strati denominati 1a e 1b, atto a contenere la diffusione della contaminazione verso le aree esterne e a ridurla progressivamente nel tempo, sia come estensione che come grado.

Per ciò che concerne invece la falda profonda, essa necessita di uno screening idrochimico ad hoc mediante la terebrazione di nuovi piezometri ambientali, al fine di poter effettuare una o più campagne di indagine che garantiscano il raggiungimento di un congruo numero di dati, condizione necessaria per la progettazione di eventuali interventi su tale acquifero.

L'intervento di bonifica avrà duplice funzione: di "contenimento", al fine di impedire la diffusione della contaminazione verso le aree esterne; di "mitigazione e progressiva riduzione" della contaminazione nelle aree sorgenti secondarie di contaminazione, mediante emungimento delle acque con maggior carico inquinante.

L'intervento di bonifica sarà, di fatto, mirato alla realizzazione di un trattamento di pump and treat delle acque sotterranee emunte mediante un sistema di barriera dinamica diffuso, la cui configurazione è stata individuata e calibrata tenendo conto di quanto segue:

- le soluzioni già progettate, approvate dagli enti competenti e attualmente attive sui singoli stabilimenti industriali;
- le informazioni storiche e i documenti tecnici relativi all'area vasta della piana di Scarlino, prodotte nel corso degli ultimi anni;
- lo strumento di modellazione idrogeologica con modello di flusso elaborato e discusso nelle sezioni precedenti.

Tenendo conto inoltre di quanto riportato nella matrice di applicabilità delle tipologie di bonifica elaborata da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione Ambientale), per effettuare uno screening iniziale delle tecnologie di bonifica applicabili in relazione alle tipologie di inquinanti e di matrice ambientale interessata dalla contaminazione, si osserva come l'intervento di pump and treat, di fatto, costituisca una delle poche tecnologie di intervento per le acque sotterranee in grado di trattare (con maggiore o minore efficacia) tutte le tipologie di contaminazione.

Di seguito si riporta la matrice di valutazione prodotta da ISPRA.



Composti Inorganici						Composti Organici																	
Arsenico	Cadmio	Cromo	Piombo	Mercurio	Zinco	Altri metalli e composti inorganici	Idrocarburi Aromatici	Idrocarburi Policiclici Aromatici	Idrocarburi Alifatici clorurati cancerogeni	Idrocarburi Alifatici clorurati non cancer.	Idrocarburi Alifatici alogenati cancer.	Nitrobenzeni	Clorobenzeni	Fenoli non clorurati	Fenoli clorurati	Ammine aromatiche	Fitofarmaci	Diossine e furani	Tempi	Necessità di manutenzione/ monitoraggio a lungo termine	Impatti a breve e lungo termine sulle risorse naturali	Applicabilità e limiti	Casi Studio
Acque sotterranee, acque superficiali																							
- trattamento biologico in situ																							
- Bioremediation	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊
- Attenuazione naturale monitorata	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊
- Phytoremediation	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊
- trattamento chimico-fisico in situ																							
- Air Sparging	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊
- Ossidazione chimica	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊
- Ossidazione elettrolitica	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊	😊😊😊😊😊😊
Giudizio		😊😊 = Buono					😊😊😊 = Medio					😊😊😊😊 = Basso											
Contaminanti trattati		Efficienza dimostrata					Limitata efficienza					Efficienza non dimostrata											
Tempi	suolo in situ	Meno di 1 anno					Da 1 a 3 anni					Oltre 3 anni											
	suolo ex situ	Meno di 0,5 anno					Da 0,5 a 1 anno					Oltre 1 anno											
acque		Meno di 3 anni					Da 3 a 10 anni					Oltre 10 anni											
Necessità di manutenzione/ monitoraggio a lungo termine		Necessita di un basso grado di manutenzione					Necessita di un medio grado di manutenzione					Necessita di un alto grado di manutenzione											
Impatti a breve e lungo termine sulle risorse naturali		Bassi impatti sulle risorse naturali/Alta sostenibilità					Medi impatti sulle risorse naturali/Medi sostenibilità					Alti impatti sulle risorse naturali/Bassa sostenibilità											

😊😊 = Il livello di efficienza dipende dallo specifico contaminante, dalle condizioni sito specifiche e dalla progettazione

Tabella 12. Matrice di valutazione delle tecnologie di bonifica per acque sotterranee e superficiali ISPRA

Dall'esame di tale matrice è immediatamente chiaro che alcune tecnologie non possono essere applicate al caso in esame per evidente inefficacia di azione nei confronti delle tipologie di inquinanti, come ad esempio i sistemi di soil vapour extraction/air sparging (SVE/AS) o di bioremediation, tipicamente utilizzati nei casi di contaminazione da composti organici (come idrocarburi, BTEXS, IPA, etc.).

D'altra parte bisogna sottolineare anche che, per altri tipi di tecnologie, pur rilevandosi elevata o parziale compatibilità con le tipologie di contaminanti in esame, si riscontrano importanti motivazioni ostative o dal punto di vista economico (costi eccessivi non sopportabili, come ad esempio la messa in atto di un sistema di barriera fisico che isoli le porzioni contaminate dei sistemi acquiferi), o dal punto di vista logistico/operativo (difficoltà o limitata possibilità di intervenire in aree produttive in esercizio e/o con spazi limitati, come ad esempio la Phytoremediation), o infine dal punto di vista idrogeologico e operativo (nel caso di una barriera permeabile reattiva, per mancanza di spazi adeguati uniti ad un non sufficiente gradiente idraulico).

Tenendo conto di tutti i fattori qui sopra menzionati, la matrice di valutazione delle tecnologie di bonifica applicabili ha portato alla selezione dell'intervento mediante pump and treat.

Tale tecnologia selezionata per l'intervento viene qui brevemente descritta.



La tecnica denominata *Pump & Treat* è un processo di bonifica *on-site*, ovvero è un intervento effettuato con trattamento nell'area del sito stesso.

Essa rappresenta, tra le molteplici tecnologie per la bonifica delle falde, uno degli interventi più comuni, e consta nella captazione e nella estrazione dell'acqua di falda contaminata tramite pozzi di presa disposti a valle della sorgente di contaminazione e lungo la direzione di flusso dell'acquifero. Affinché l'intervento risulti efficace è necessario che la depressione del livello freatico creato dal pompaggio coinvolga tutta l'area (pennacchio) di contaminazione, creando uno sbarramento senza soluzione di continuità tra i vari pozzi.

Dopo l'estrazione, l'acqua è sottoposta a trattamenti biologici (contaminanti organici) o processi chimico-fisici quali ad esempio l'aerazione, l'adsorbimento su carbone attivo, la precipitazione, (nel caso di contaminanti inorganici), etc.; trattamenti che avvengono prima dello scarico nel recapito idrico superficiale, della reimmissione nello stesso acquifero di captazione o nell'invio a ciclo produttivo dell'impianto o a smaltimento in conformità con la vigente normativa.

Le esperienze di monitoraggio, su sistemi in scala reale, confermano la riduzione del carico dei contaminanti, seguita da una progressiva diminuzione della velocità di abbattimento delle concentrazioni.

In termini generali, l'adozione di misure di contenimento e rimozione dei contaminanti in falda tramite pozzi presenta i seguenti vantaggi:

- ampia adattabilità alle diverse condizioni geologiche ed idrogeologiche (falde freatiche e confinate, materiali coerenti ed incoerenti, acquiferi omogenei ed eterogenei,), nonché alle possibili forme e caratteristiche del "pennacchio" di acqua contaminato (pozzi di presa allineati ed equidistanti, disposti in quadrato o circonferenza, variamente sparsi, etc.);
- ampia flessibilità operativa, potendo variare, entro opportuni limiti, le portate di estrazione e di reimmissione in funzione delle variazioni delle velocità di flusso dell'acquifero;
- modalità operative ottimali, ai fini della sicurezza degli operatori impegnati nell'attività di bonifica in quanto non vengono effettuate operazioni di scavo.

La tecnologia del *pump&treat*, applicata al caso in esame, risulta inoltre ottimale anche per i seguenti motivi:

- è pienamente compatibile con le tipologie di contaminanti in oggetto;
- è ampiamente modulabile e adattabile anche in corso d'opera in base a eventuali mutate necessità o situazioni imprevedibili future;
- si può eventualmente integrare con altre tecnologie funzionali all'aumento dell'efficacia di risanamento;
- è di non complessa realizzazione;
- può essere efficacemente utilizzata nelle aree in esercizio in quanto non reca danni o interferisce con le attività produttive presenti sulle aree in esame.



Si vuole inoltre porre l'accento sul fatto che l'intervento di *pump&treat* in progetto prevedrà il completo riutilizzo delle acque emunte all'interno, rispettivamente, dei cicli produttivi degli stabilimenti di Nuova Solmine e Scarlino Energia. Tale aspetto è positivo a nostro avviso per i seguenti motivi:

- ✓ rende maggiormente sostenibili i costi dell'intervento di bonifica;
- ✓ non si produce alcuno scarico (in corpo idrico superficiale o fognatura), che avrebbe necessitato di specifica autorizzazione, nonché di monitoraggi e ulteriori oneri;
- ✓ viene rispettato uno dei principi ispiratori del testo unico ambientale (D.Lgs. 152/06) che incoraggia, laddove possibile, il riutilizzo (in questo caso di acque utili poi ai vari cicli produttivi).

Tutto quanto sopra premesso, le strategie e gli obiettivi sopra definiti sono stati nel complesso conseguiti mediante:

- sviluppo di un modello idrogeologico del sito al fine di definire la miglior configurazione dei pozzi di emungimento per ottenere l'effetto di sbarramento idraulico di contenimento;
- definizione del sistema di barriera idraulico che intercetti le acque sotterranee in transito dalle zone critiche;
- progettazione del sistema di collettamento e trattamento delle acque emunte al fine di un riutilizzo delle stesse nel ciclo produttivo;
- progettazione di interventi di monitoraggio della funzionalità della barriera (freatimetria dinamica, modificazione concentrazioni contaminanti nei piezometri di monitoraggio);
- valutazione delle possibili azioni mirate all'eventuale accelerazione della bonifica delle acque di falda mediante interventi in corrispondenza delle aree sorgenti secondarie della contaminazione indotta in falda (es.: iniezione di reagenti in batterie di pozzi a monte barriera idraulica).



18. BONIFICA DEL SITO IN ESAME: LINEE ESSENZIALI

Di seguito viene descritta, in estrema sintesi, la soluzione progettuale proposta per la bonifica del sito in esame.

FASE 1:

Progettazione di un intervento di bonifica mediante un sistema di barrieramento idraulico che tenga conto delle opere ad oggi presenti sul sito e che comprenda:

- 1) una rimodulazione delle attuali barriere presenti sull'acquifero superficiale, realizzate dai singoli impianti produttivi in occasione di ciascun intervento di bonifica, nell'ottica di un unico sistema di barrieramento idraulico del flusso verso valle idrogeologica. In particolare si prevede:
 - a) un primo sbarramento idraulico, costituito dall'attuale barriera esistente messa in atto da Nuova Solmine, integrata con due linee che si dipanano dal pozzo più a valle idrogeologico della barriera attuale, e si sviluppano rispettivamente verso ovest ed est, chiudendo il flusso di falda da nord a sud – si prevedono n. 26 cluster (ogni cluster è costituito da n.2 pozzi, il primo a 10 metri, il secondo a 18 metri circa) che intercettano, rispettivamente, la falda 1a e 1b
 - b) la conseguente disattivazione delle barriere idrauliche attualmente attive sull'area Syndial e sull'area di Scarlino Energia, non più necessarie perché sostituite da quella di cui al punto precedente
 - c) un secondo sbarramento idraulico, di dimensione notevolmente più contenuta, posto a valle idrogeologico del primo, funzionale alla gestione delle criticità localizzate sulla porzione di piana immediatamente a nord della zona delle Padule – si prevedono n. 5 cluster (ogni cluster è costituito da n.2 pozzi, il primo a 10 metri, il secondo a 18 metri circa) che intercettano, rispettivamente, la falda 1a e 1b
 - d) un terzo sistema di emungimento idraulico, anch'esso di dimensione contenuta, con funzione di gestione degli hot spots riscontrati in area La Botte – si prevedono n. 2 cluster in zona centrale de La Botte + 3 cluster nella zona immediatamente a valle idrogeologica della stessa (ogni cluster è costituito da n.2 pozzi, il primo a 10 metri, il secondo a 18 metri circa) che intercettano, rispettivamente, la falda 1a e 1b
- 2) creazione di una rete piezometrica di monitoraggio che sfrutta gli attuali pozzi/piezometri esistenti e di caratteristiche costruttive idonee, integrata da una serie di nuovi piezometri di monitoraggio; successiva campagna di analisi sulle acque di falda ("punto zero") funzionale ad ottenere un ampio set di dati idrochimici. Tali azioni sono mirate a poter elaborare, in modo simile a quanto già svolto nel presente progetto, mappe relative allo stato di qualità chimica della falda ad area vasta e a poter comprendere, con maggior dettaglio, lo stato di qualità del comparto acque sotterranee, soprattutto per quanto concerne la cosiddetta falda 2, sui cui attualmente non si dispone di un set di punti ritenuto sufficiente.

FASE 2:

Da realizzarsi conseguentemente alla fase 1 mediante azioni a medio/lungo termine che comprendono le seguenti attività:



- a) censimento di dettaglio di tutti i pozzi presenti nella piana utilizzati a scopo industriale ed irriguo;
- b) esecuzione di video ispezione di tutti i pozzi di cui sopra per i quali non risultano note le caratteristiche costruttive (e pertanto potrebbero risultare veicoli della contaminazione dai livelli acquiferi superficiali verso quelli profondi);
- c) individuazione e chiusura mineraria dei pozzi con caratteristiche costruttive non idonee (es.: pozzi con interconnessione tra le falde) e per i quali è stata in passato emessa Ordinanza Sindacale di arresto dei pompaggi (in quanto potrebbero costituire veicoli della contaminazione dai livelli acquiferi superficiali verso quelli profondi);
- d) realizzazione di nuovi pozzi con criteri che permettano la separazione certa dei differenti livelli acquiferi intercettati;
- e) in base ai risultati delle nuove campagne di monitoraggio idrochimico di cui alla precedente fase 1.2, eventuale progettazione di interventi di risanamento della falda 2 e/o eventuale incremento della resa del sistema posto in essere nella fase 1.

La soluzione progettuale individuata prevede il trattamento delle acque, emunte dai sistemi di barrieramento, in impianti già esistenti e presenti in loco al fine di utilizzarle nei cicli produttivi; in particolare sono stati individuati come idonei allo scopo gli impianti di Nuova Solmine e Scarlino Energia.

Tale modalità gestionale consente il raggiungimento degli scopi del presente progetto ottimizzando al tempo stesso le risorse e minimizzando gli impatti sull'ambiente, ed è al tempo stesso in accordo con i nuovi dettami del D.Lgs. 152/06, in particolare l'art. 243 così come sostituito dall'art. 41, comma 1, legge n. 98 del 2013 (cfr. paragrafo 19.9.3).

Preme infine nuovamente richiamare il fatto che questa scelta progettuale è stata individuata, come più sopra argomentato, quale migliore soluzione applicabile allo specifico caso in esame tenendo conto degli aspetti tecnici, operativi ed economici. Si sottolinea a tal proposito che, poiché l'intervento di bonifica si pone l'obiettivo del risanamento delle acque sotterranee dell'intera area vasta della piana di Scarlino, resta inteso che non necessariamente i soggetti in possesso degli impianti esistenti per il trattamento delle acque emunte debbano essere individuati quali unici gestori e manutentori del sistema di bonifica di un intero territorio che vede coinvolti diversi soggetti pubblici e privati.

Lo scopo del presente progetto di bonifica è infatti quello di fornire una soluzione tecnicamente e operativamente applicabile, nonché economicamente sostenibile, finalizzata al risanamento ambientale delle acque di falda della piana di Scarlino, prescindendo inevitabilmente dagli aspetti più prettamente giuridico-organizzativi relativi alla realizzazione e alla gestione dell'opera, che potranno essere oggetto di valutazione solo ad avvenuta approvazione dell'intervento di bonifica da parte degli enti competenti.

La normativa vigente consente infatti diverse soluzioni per la gestione di un intervento di bonifica ad area vasta quale quello proposto (es. soggetto gestore unico, società mista pubblico-privato, società consortile, etc.).

Il seguito della sezione entra nei dettagli di quanto qui sopra sintetizzato.



19. FASE I: INTERVENTO DI BONIFICA DELLA FALDA

Il presente capitolo contiene la descrizione delle attività finalizzate alla bonifica della matrice acque sotterranee del sito in oggetto, suddivise in base alla tipologia e ordinate cronologicamente, al fine di permettere una facile lettura e comprensione.

19.1 *Presenza di vincoli fisici*

In relazione all'ubicazione del sito nel contesto dell'area in cui è inserito, non sono individuabili vincoli fisici ostativi o comunque tali da poter costituire dei discriminanti per la realizzazione dell'intervento progettato.

Va tuttavia evidenziato che l'intervento si pone come obiettivo, tra gli altri, lo sbarramento idraulico tra le due aste idriche del fiume Pecora e del canale Allacciante, che di fatto rappresentano intrinsecamente due limiti/confini fisici.

Va inoltre detto, come linea di approccio generale, che le ubicazioni dei pozzi di emungimento e di monitoraggio sono state valutate sovrapponendo cartografie, foto aeree e conoscenze pratiche attuali e che, in ragione di ciò, all'atto pratico del posizionamento su detti punti, potrebbero evidenziarsi limitazioni fisiche non preventivate (es.: presenza di piante ad alto fusto, fossi di guardia, vicinanza con plinti di linee elettriche, etc.).

Nell'eventualità in cui si verificassero tali situazioni, si valuterà caso per caso la possibilità di spostare il punto di ubicazione pozzo/piezometro nella posizione utile più prossima al punto originale tale per cui possa essere effettivamente portata a compimento la realizzazione di detto pozzo/piezometro e rispettati comunque i criteri progettuali (interdistanze pozzi, possibilità di collegamento con linea di adduzione, etc.).

Infine, nel caso di situazioni straordinarie non preventivabili, esse dovranno essere valutate separatamente tenendo comunque conto delle finalità progettuali.

19.2 *Cantierizzazione e attività preliminari*

Preliminarmente alla descrizione di dettaglio delle attività finalizzate bonifica del sito in esame si riportano nei seguenti sottoparagrafi le attività preliminari previste per l'allestimento del cantiere.

19.2.1 Decespugliamento dell'area

In considerazione delle attività di progetto previste, si procederà, previo rilascio delle eventuali autorizzazioni del caso, al decespugliamento delle porzioni deputate al passaggio mezzi e alla costruzione del sistema di barrieramento laddove effettivamente necessario, al fine di consentirne la piena fruibilità sia da parte dei macchinari funzionali alla realizzazione delle opere previste da progetto, che del personale di cantiere.

L'ubicazione delle opere, come detto, è stata valutata anche considerando l'accessibilità ai luoghi e, pertanto, in prima approssimazione è possibile escludere la presenza di particolari impedimenti che necessitino interventi di sfalcio massivo. Tuttavia si segnala il fatto che alcune zone potrebbero necessitare di sfalcio ad hoc, come ad esempio la zona di ubicazione del fronte barriera ubicato più a sud, a monte della zona della Padule.



Per tali porzioni si procederà allo sfalcio, avendo cura di minimizzare la zona di intervento allo stretto indispensabile, ma tale da consentire le operazioni di cantiere in modo agevole.

Si chiarisce che sia per il sistema di barrieramento che per i piezometri di monitoraggio dovrà essere garantita nel tempo la piena fruibilità, per le attività di monitoraggio ambientale, ispezione, controllo e manutenzione delle varie parti/componenti.

19.2.2 Perimetrazione delle aree di lavoro

Preventivamente alle attività di bonifica saranno predisposte le opere necessarie alla delimitazione dell'area di intervento.

In prossimità delle aree di accesso carrabile sarà apposta apposita segnaletica con funzione di interdizione all'accesso al cantiere a personale non autorizzato.

Sarà poi predisposta la delimitazione dell'area di cantiere a mezzo di idonea recinzione, visibile e strutturalmente stabile, in maniera tale da impedire l'accesso volontario ai non addetti ai lavori.

Si ritiene opportuno utilizzare una recinzione temporanea che dia garanzia, in termini di stabilità strutturale. Tale recinzione sarà del tipo **modulare in alluminio, di altezza 2,00 mt**, dotata di elementi tubolari di sostegno porta recinzione con basi pesanti in cemento e di saette per aumentare la resistenza al vento. La giunzione degli elementi tubolari sarà effettuata mediante elementi metallici.

Si provvederà, tra l'altro, allo sbarramento mediante cancello o sbarra degli accessi dalle piste carrabili, ed inoltre saranno posti in opera cartelli di divieto di accesso, adeguatamente disposti affinché chiunque si avvicini sia adeguatamente informato che l'area è interessata da operazioni di cantiere con esposizione a rischi diversi e che di conseguenza l'accesso è inibito.

In base alle indicazioni contenute all'interno dell'ALLEGATO IV (a cui si rimanda per i necessari approfondimenti) relativamente al perimetro di cantiere, si stima l'utilizzo di circa 20 mt di recinzione per ciascun area tecnica e 150 m per l'area logistica principale.

Di seguito si riporta uno stralcio di immagine presente all'interno dell'ALLEGATO IV che mostra l'ubicazione dell'area di cantiere principale:

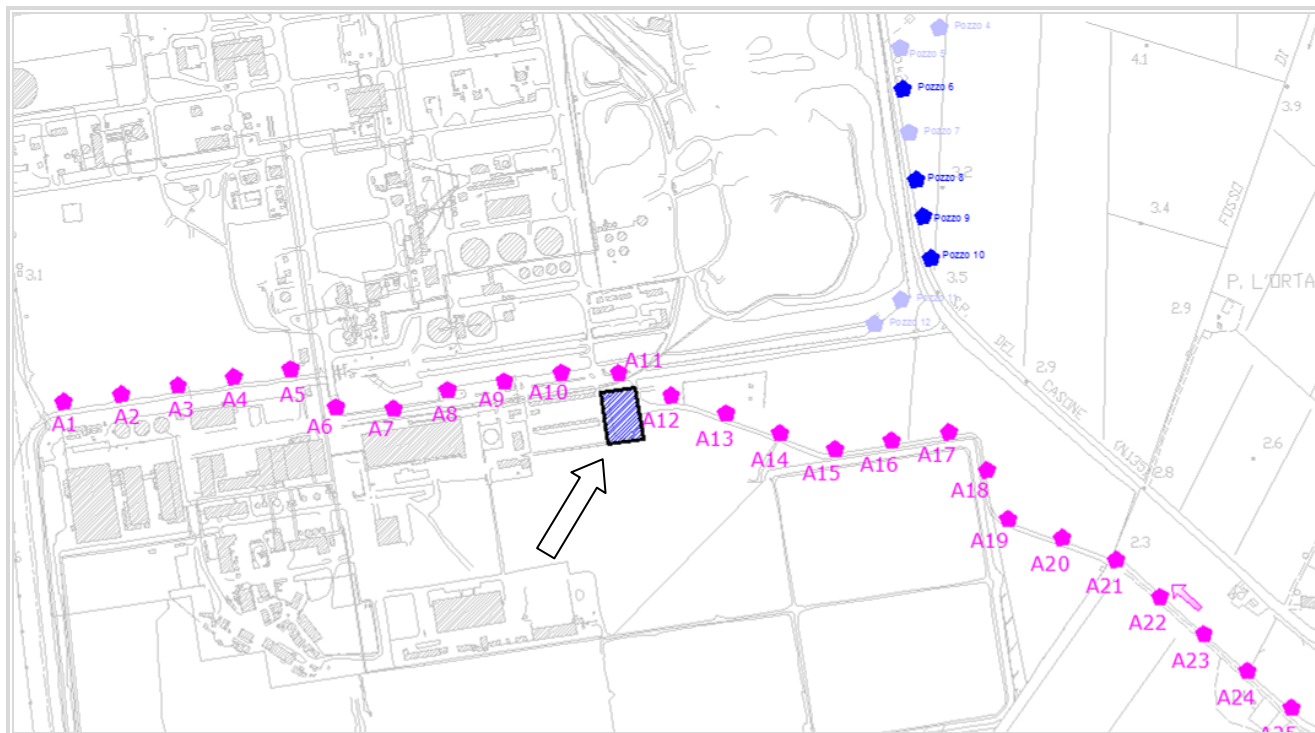


Figura 37. Stralcio planimetrico con ubicazione area logistica principale (area baracche, stoccaggi materiale, etc.)

19.2.3 Accessibilità al cantiere

L'accesso alle aree deputate alla costruzione del barrieramento idraulico avverrà nel modo seguente:

- barriera zona Padule: accesso tramite strada carrozzabile che, dipartendosi dall'angolo a sud-ovest della proprietà Nuova Solmine, corre da nord a sud a lato del fiume Pecora per circa 900 metri, dopodiché si dirige verso est in direzione Padule;
- barriera area Casone – porzione ovest e centrale: l'accesso avviene dall'interno della proprietà Nuova Solmine e, per alcuni pozzi, attraverso la via d'accesso all'ingresso piazzale Tioxide;
- barriera area Casone - porzione est: l'accesso avviene direttamente dalla Strada Provinciale n.135 Vetta, indicativamente all'altezza dello svincolo per raggiungere l'ingresso dello stabilimento di Tioxide;
- barriera zona nord/La Botte: l'accesso, per i n.2 cluster in zona centrale de La Botte, avviene da viale Enrico Giani; per i n.3 cluster a valle de La Botte l'accesso avviene dalla Strada Provinciale n.135 Vetta, tramite stradello sterrato.

All'area principale si giungerà mediante la SP 135 del Casone.



19.2.4 Viabilità di cantiere

All'interno dell'area di cantiere, in virtù dell'omogeneità morfologica del piano di calpestio e delle attuali vie di accesso, non si ritiene di effettuare una regolarizzazione del fondo, almeno non in modo sistematico.

I mezzi potranno spostarsi senza particolari impedimenti, pertanto è da ritenersi superfluo l'allestimento specifico di piste.

Le macchine operatrici dovranno adottare tutte le accortezze in fase manovra, al fine di evitare modificazioni morfologiche evidenti al piano di calpestio e danneggiamenti ai eventuali piante o manufatti ivi presenti.

Si chiarisce però che, qualora risultasse necessario, potrà prevedersi la stesura di un fondo di materiale idoneo al fine di facilitare il passaggio dei mezzi all'interno delle aree di lavorazione.

19.3 Chiusura mineraria pozzi loc. La Botte

Già oggetto in passato di ordinanza che obbligava all'interruzione dei pompaggi, su tali pozzi, ubicati all'interno dell'area produttiva denominata La Botte, sarà effettuata la chiusura mineraria al fine di evitare il protrarsi di condizioni che potrebbero aver portato al contatto tra livelli acquiferi separati, con conseguenti possibili fenomeni di *cross-contamination*.

19.4 Dismissione delle barriere idrauliche attive in area Scarlino Energia e Syndial

L'implementazione del nuovo barrieramento idraulico di progetto renderà non più necessario il mantenimento degli attuali sistemi di barrieramento MISE attivi sulle aree di proprietà Scarlino Energia e Syndial.

Pertanto tali barriere, che constano in totale di n. 14 pozzi (7 coppie), saranno disattivate al momento dell'entrata in funzione del nuovo sistema.

19.5 Realizzazione del sistema di pozzi-barriera

L'intervento di bonifica della falda prevede l'intercettazione del fronte di falda sui due livelli acquiferi denominati *falda 1a* e *falda 1b* mediante un sistema di pozzi-cluster.

Ciascun cluster è costituito da n.2 pozzi, posti a breve distanza l'uno dall'altro, che intercettano selettivamente i due orizzonti acquiferi, evitando l'interconnessione tra i due livelli.

Le linee di sbarramento idraulico sono state ubicate tenendo conto dei seguenti fattori:

- distribuzione della contaminazione all'interno dell'area vasta: le barriere consentono l'intercettazione della contaminazione, impediscono la loro dispersione verso potenziali bersagli sensibili e si pongono come obiettivo la riduzione progressiva della contaminazione presente, in particolar modo sulle aree più critiche;
- accessibilità dei luoghi: le aree deputate alla costruzione della barriera sono facilmente raggiungibili attraverso la rete stradale e di servizio alle varie aree di stabilimento;
- opportunità di collegamento con utilities varie;



- minimizzazione delle possibili interferenze con le attività produttive;
- minimizzazione degli impatti su aree esterne a quelle industriali.

All'interno della TAVOLA 6 si riporta l'ubicazione del sistema di barrieramento idraulico costituito dalle serie di pozzi-cluster, mentre di seguito se ne riporta comunque lo stralcio planimetrico:

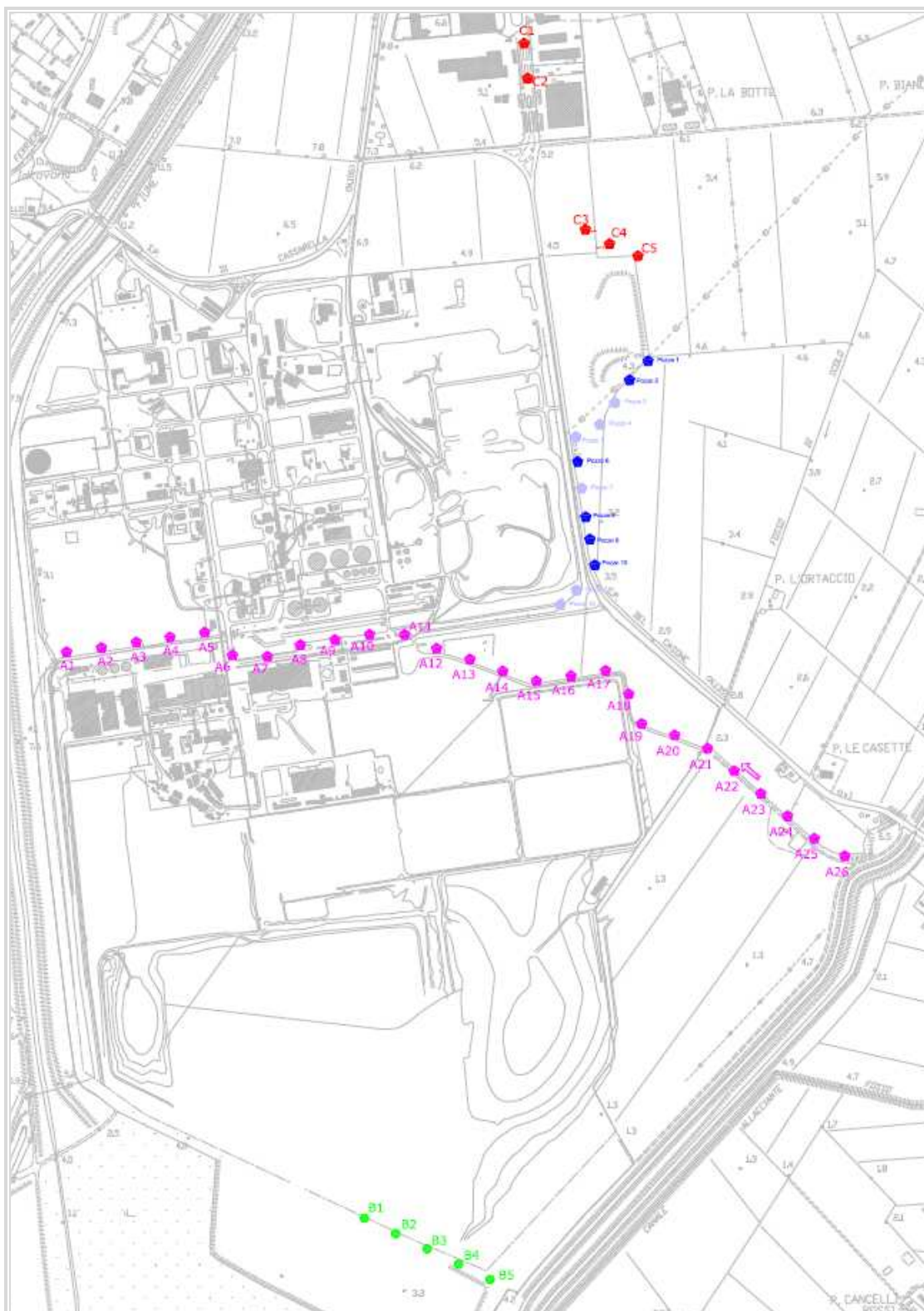


Figura 38. Stralcio planimetrico con ubicazione barrieramento idraulico: in rosso la nuova linea di progetto in zona La Botte; in azzurro/blu i pozzi della barriera esistente mantenuti (in azzurro i pozzi improduttivi, in blu quelli produttivi); in verde la nuova linea in zona Padule; in magenta la nuova linea in zona Casone. Ad ogni punto (ad esclusione della linea esistente, in azzurro/blu) corrisponde n.1 cluster, costituito da n.2 pozzi accoppiati



In totale sono stati pertanto previsti n.36 cluster, corrispondenti a n.72 pozzi barriera, di cui n.36 deputati all'intercettazione dell'acquifero denominato *falda 1a*, n.36 deputati all'intercettazione dell'acquifero denominato *falda 1b*.

Dal punto di vista spaziale, si possono idealmente individuare in 4 macrozone distinte:

1. la prima, in zona Padule di Scarlino, costituita da n. 5 cluster, deputata alla gestione della contaminazione rilevata immediatamente a monte della barriera stessa (e, quindi, a valle dell'area stabilimenti)
2. la seconda, nella parte meridionale dell'area industriale del Casone di Scarlino, costituita da n. 17 cluster, deputata alla gestione della contaminazione nella zona produttiva del Casone
3. la terza, nella parte orientale rispetto all'area industriale del Casone, costituita da n. 9 cluster, funzionale alla gestione della contaminazione a monte di tale tratto
4. la quarta, a nord del Casone, nella zona centrale e meridionale dell'area artigianale de La Botte, costituita da n.5 cluster (n.2 area centrale La Botte, n.3 zona meridionale rispetto ad essa), con finalità di gestione degli hot spots ivi riscontrati

Le linee di cui ai punti 2 e 3 sopra descritte hanno lo scopo creare uno sbarramento, senza soluzione di continuità, tra il fiume Pecora e il Canale Allacciante. La linea 1 ha soprattutto funzione di protezione nei confronti dell'area delle Padule, mentre, come detto, la quarta linea ha carattere di gestione localizzata.

19.5.1 Caratteristiche costruttive pozzi-cluster

Come già accennato, ognuno dei pozzi-cluster dovrà intercettare esclusivamente il rispettivo livello acquifero di riferimento. Il pozzo del cluster dedicato all'intercettazione del livello più superficiale, indicativamente previsto entro i 5 e gli 8 metri dal piano di campagna (falda 1a) verrà fenestrato al fine di intercettare completamente ed esclusivamente tale livello, isolando la restante parte del foro.

Allo stesso modo, il pozzo del cluster dedicato all'intercettazione del livello immediatamente sottostante, indicativamente previsto tra i 13 e i 16 metri dal piano di campagna (falda 1b) verrà fenestrato esclusivamente su tale tratto, ed escluderà completamente il tratto soprastante, al fine di non interconnettere i due livelli acquiferi.

Lo scopo fondamentale dei pozzi cluster è pertanto quello di mantenere isolati idraulicamente i due livelli acquiferi l'uno dall'altro, creando così due linee separate di gestione delle acque pompate da ognuno di tali livelli.

Di seguito si riporta un disegno dello schema realizzativo di un cluster:



POZZI BARRIERA - ALLESTIMENTO CLUSTER

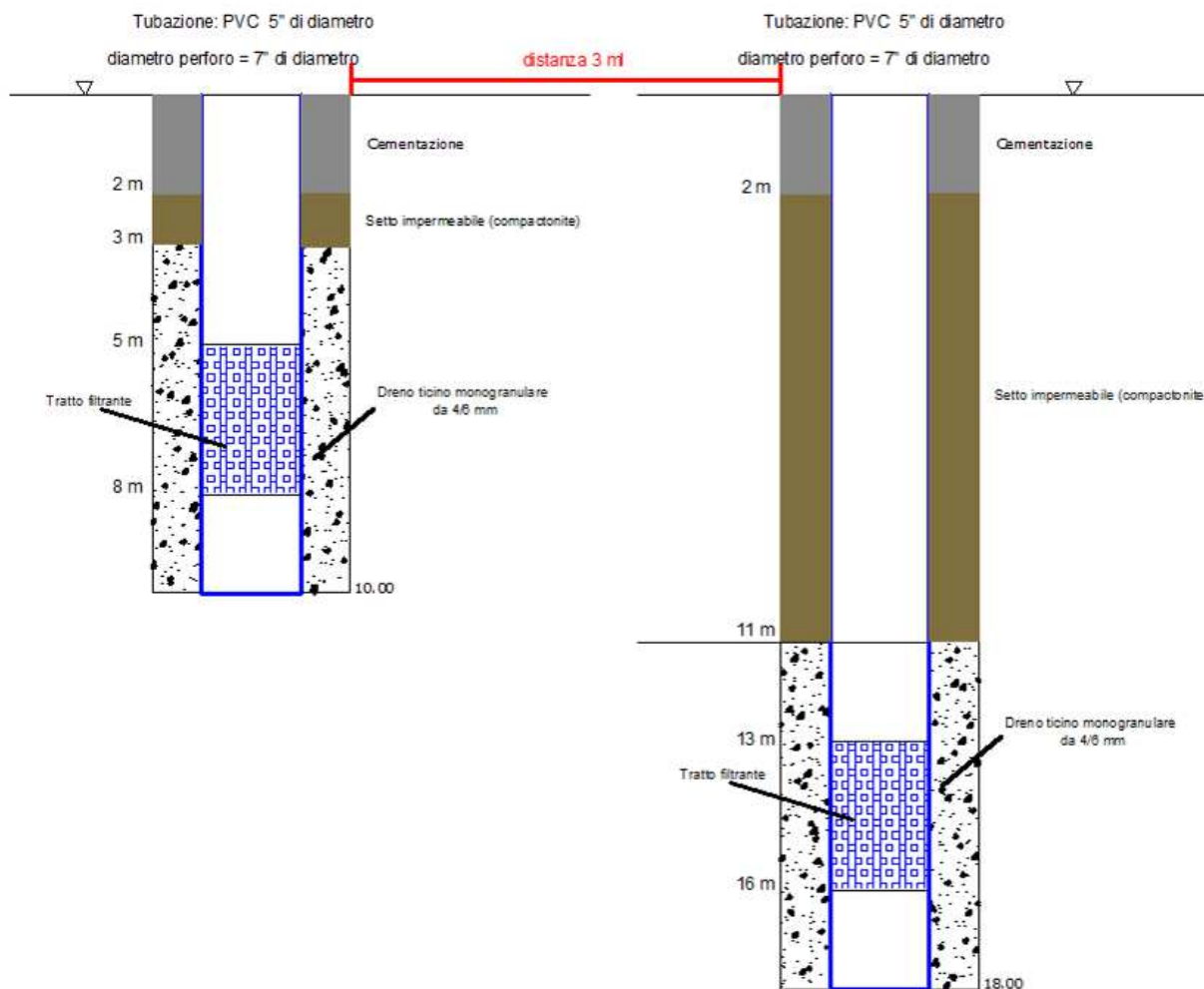


Figura 39. Schema realizzativo di un cluster (a sx il pozzo più superficiale, a dx quello più profondo)

L'installazione del tubo piezometrico, per ognuno dei pozzi, avverrà in seguito dell'esecuzione del foro di sondaggio da realizzarsi a carotaggio continuo a secco in modalità ambientale, al fine di poter visionare direttamente la stratigrafia e capire il corretto posizionamento dello spesso del livello acquifero da intercettare. Il diametro del perforo dovrà essere pari ad almeno 7" (178 mm), mentre sarà inserita una colonna di tubi in PVC in spezzoni filettati di diametro pari a 5" (127 mm), giuntando i diversi spezzoni a bocca foro.

L'allestimento dei pozzi proseguirà attraverso il riempimento dell'intercapedine perforo-tubazione in corrispondenza dei tratti filtrati (cfr. figura soprastante) con materiale di drenaggio costituito da ghiaietto calibrato siliceo di diametro 4/6 mm sfilando progressivamente le aste di rivestimento. La sommità del dreno giungerà fino a 2 mt sopra la sommità del tratto filtrante.



Al di sopra di esso, l'intercapedine sarà riempita immettendo dapprima compactonite per la formazione del setto impermeabile, con funzione di separazione tra il dreno e la cementazione superiore. Infine, negli ultimi 2 metri fino ad arrivare a piano di campagna (intervallo 0 – 2 m da p.c.), l'intercapedine sarà sigillata immettendo miscela cementizia (boiaccia) dalla superficie ed avendo cura di compattare con aste rigide la miscela prodotta. La compattazione della miscela sarà effettuata almeno ogni metro lineare di intercapedine riempita. La cementazione di ogni pozzo sarà portata a termine in una unica fase, per evitare la formazione di superfici di discontinuità.

A protezione della bocca pozzo, a seconda delle zone di posizionamento, si prevederà il posizionamento di un chiusino carrabile dotato di aperture per il posizionamento della tubazione in arrivo dalla pompa, da collegare al collettore della linea, nonché i relativi collegamenti elettrici e le sonde di livello. Il codice identificativo del pozzo sarà riportato in maniera visibile ed indelebile sul pozzetto di protezione al fine di renderlo individuabile.

Qualora fosse necessario, si potrà prevedere in fase di campo di portare l'altezza dei chiusini in cls fuori terra, anche in modo da rendere visibile il pozzo stesso, o di prevedere la protezione del bocca pozzo con un chiusino fuori terra del tipo "a fungo".

Risulterà fondamentale evitare che la vegetazione, in alcune zone (come quella delle Padule, o nella zona più ad ovest) e soprattutto in certi periodi dell'anno, ricopra i pozzi o renda comunque difficile il loro raggiungimento, ispezione e manutenzione. Per tale motivo essi dovranno essere adeguatamente resi visibili, prevedendo eventualmente, come accennato in precedenza, sfalci mirati della vegetazione infestante (es.: canne o rovi).

A seguito dell'installazione di cui sopra, sarà verificata l'assenza di ostruzioni o impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del singolo pozzo strumenti testimone di dimensioni comparabili agli strumenti da utilizzare in seguito per il campionamento delle acque e l'installazione della strumentazione (pompe, sonde di livello). Infine, al termine della verifica di funzionalità di ciascun pozzo, sarà predisposta la fase di sviluppo finalizzata alla rimozione del pannello di materiali fini che si creano intorno al foro a seguito delle attività di perforazione, aumentare la permeabilità locale dell'acquifero ed ottenere una migliore portata specifica. Lo sviluppo dei pozzi sarà effettuato almeno dopo 48 ore dalla messa in opera delle cementazioni per consentire l'adeguato indurimento delle stesse e utilizzando una portata di emungimento elevata per un periodo prolungato.

19.6 Sistema di sollevamento

Ogni pozzo costituente il cluster verrà dotato di pompa di sollevamento, le acque emunte saranno collegate ai due rispettivi sistemi di trattamento (impianto di Scarlino Energia e impianto di Nuova Solmine) mediante una doppia linea, che terrà separate le acque provenienti dalla falda 1a da quelle della falda 1b.

In base ai risultati forniti dal modello idrogeologico, per ottenere un adeguato effetto di sbarramento sulla falda 1 (falda 1a+falda 1b) si dovrà prevedere una **portata di pompaggio da ogni singolo cluster pari a 2,5 l/min**, così distribuita:

- 1 l/min per il pozzo più superficiale (10 m)



- 1,5 l/min per il pozzo più profondo (18 m)

In base a tali dati, la portata totale estratta dalla falda 1 (falda 1a+falda 1b) sarà pari a circa **90 l/min**, (pari a **1,5 l/sec**), così distribuita:

- 36 l/min totali per la falda 1a
- 54 l/min totali per la falda 1b

L'impianto di sollevamento sarà pertanto costituito da n. 72 elettropompe totali (36 per i pozzi più superficiali, 36 per i profondi), in conformità con quanto già descritto nei capitoli precedenti.

Le acque emunte verranno inviate ai rispettivi impianti di trattamento di Nuova Solmine e Scarlino Energia secondo i flussi seguenti:

- a) a impianto di Nuova Solmine - 31 cluster per un totale (falda 1a+1b) di 77,5 l/min così distribuiti:
 - o portata totale acque falda 1a pari a circa 31 l/min
 - o portata totale acque falda 1b pari a circa 46,5 l/min
- b) a impianto di Scarlino Energia - n.5 cluster per un totale (falda 1a+1b) di 12,5 l/min così distribuiti:
 - o portata totale acque falda 1a pari a circa 5 l/min
 - o portata totale acque falda 1b pari a circa 7,5 l/min

19.6.1 Dimensionamento e caratteristiche tecniche elettropompe sommerse

Il dimensionamento effettuato per la conseguente scelta delle più idonee pompe elettrosommerse è stato eseguito attraverso i seguenti step:

- progettazione linee di collegamento tra sistemi di sollevamento e impianto di trattamento;
- calcolo delle distanze dei vari tratti;
- calcolo del salto di altezza dH massimo da superare nel tratto tra punto di presa (profondità massima immersione pompa) e punto di arrivo (trasporto su rack sopraterro e arrivo a impianto di trattamento);
- calcolo delle perdite di carico distribuite

Per il calcolo dettagliato si rimanda al paragrafo seguente, mentre di seguito si riporta la formula di calcolo della potenza necessaria per ogni singola pompa utilizzata nel caso più sfavorevole (punto più lontano dall'impianto di trattamento, pozzo di profondità pari a 18 metri, altezza del rack di 5 metri sopra il piano di campagna):



$$P = \frac{\rho g * Q * \Delta H}{1000 * \eta} \text{ in KW}$$

Dove:

g è l'accelerazione gravitazionale;

ρ è la densità dell'acqua;

Q è la portata in mc/s

ΔH è il salto di quota complessivo in m (comprese le perdite di carico distribuite, trascurate le perdite di carico concentrate) - [NB: per il calcolo delle perdite di carico distribuite si veda paragrafo successivo.]

η è il rendimento della pompa

Utilizzando la formula sopra espressa si ottiene, per ciascuna pompa:

Q	H	p.carico	η
[mc/s]	[m]	[m]	-
8,33E-05	23	16,03	0,8
potenza in KW			0,04

Tabella 13. calcolo potenza minima necessaria della elettropompa in KW nel caso più sfavorevole

In base al calcolo appena svolto, in corrispondenza di ciascun pozzo-barriera sarà installata una pompa sommersa da 4 pollici con alimentazione trifase a 400 V, adatta per essere inserita nei pozzi barriera progettati. Ogni elettropompa sarà dotata di motore del tipo Franklin di potenza pari a 0,55 KW, per garantire ampia flessibilità di utilizzo, unita alla robustezza e durabilità.

Ognuna delle pompe è stata scelta, a favore di sicurezza, per garantire una prevalenza pari a circa 70 m con una portata ipotetica di pompaggio di 5 l/min (tale dato è a favore di sicurezza, in quanto dai calcoli del modello idrogeologico, la portata totale da ciascun cluster dovrà essere, come sopra detto, pari a circa 2,5 l/min, dei quali 1 l/min per il pozzo più superficiale e 1,5 l/min per quello più profondo).

Di seguito si riportano le caratteristiche sintetiche principali:

- Elettropompe sommerse Pedrollo tipo 4SR1/13-18
- motore trifase (400 V), kw 0,55;
- portata massima: 1 mc/h;
- prevalenza: 70 metri (a portata di 5 l/min);
- attacco idraulico: 1' (pollice);



- materiale: acciaio inox AISI 304;
- valvola di ritegno: acciaio inox AISI 304
- giranti: in Lexan (policarbonato), resistente alle alte temperature e all'abrasione.
- Tubazioni di mandata delle pompe: PE 100 DN 32 PN 16.

19.6.2 Quadri elettrici e di comando

Ogni pompa verrà comandata da un quadro elettrico, installato in prossimità del pozzo, al quale saranno collegate le sonde di livello, poste all'interno del pozzo stesso. Queste consentono la marcia e l'arresto delle pompe rispettivamente per livello massimo e livello minimo. Il quadro elettrico è, inoltre, dotato di dispositivo *inverter*, che permette la regolazione della portata della pompa attraverso la regolazione della frequenza della corrente di alimentazione. In questo modo si evita il problema dell'intasamento della tubazione di mandata dovuta alla chiusura eccessiva della valvola manuale di regolazione della portata. Si ha, inoltre una minor usura delle giranti della pompa perché la velocità di rotazione è inferiore. Con questo tipo di pompe, infatti, si calcola che per ottenere una portata di 4 litri/minuto la pompa dovrà lavorare a circa 30 Hz che corrispondono a una velocità del motore di circa 1700 giri/minuto, anziché 2800 giri/minuto con il normale funzionamento.

Di seguito si riportano invece le caratteristiche del quadro elettrico:

- quadro elettrico Minivar completo di inverter ABB per la regolazione della frequenza di esercizio.
- contenitore a tenuta stagna con sportello d'apertura, grado di protezione IP 65;
- controllo di livello;
- inverter;
- interruttore generale a comando manuale;
- tastiera fronte quadro per impostazione frequenza di lavoro;
- contattori, teleruttori;
- protettori con relais termici compensati;
- fusibili di protezione del circuito di comando;
- trasformatore per telecomandi in bassa tensione;
- morsetti di ammaraggio e pressacavi
- segnalatori ottici di funzionamento e selettori per interventi manuali indipendenti dagli automatismi;
- circuiti in bassa tensione per gruppi di comando e segnalazione, funzionante a 24 V.

Inoltre, su ogni testa pozzo sarà installato:

- valvola regolazione della portata di emungimento;
- rubinetto di campionamento;
- contaltri e misuratore di portata.



19.6.3 Effetto del barrieramento idraulico sulla falda superficiale

Di seguito si riporta uno stralcio riepilogativo in cui viene visualizzato l'effetto del sistema di barrieramento idraulico nella falda superficiale della piana:

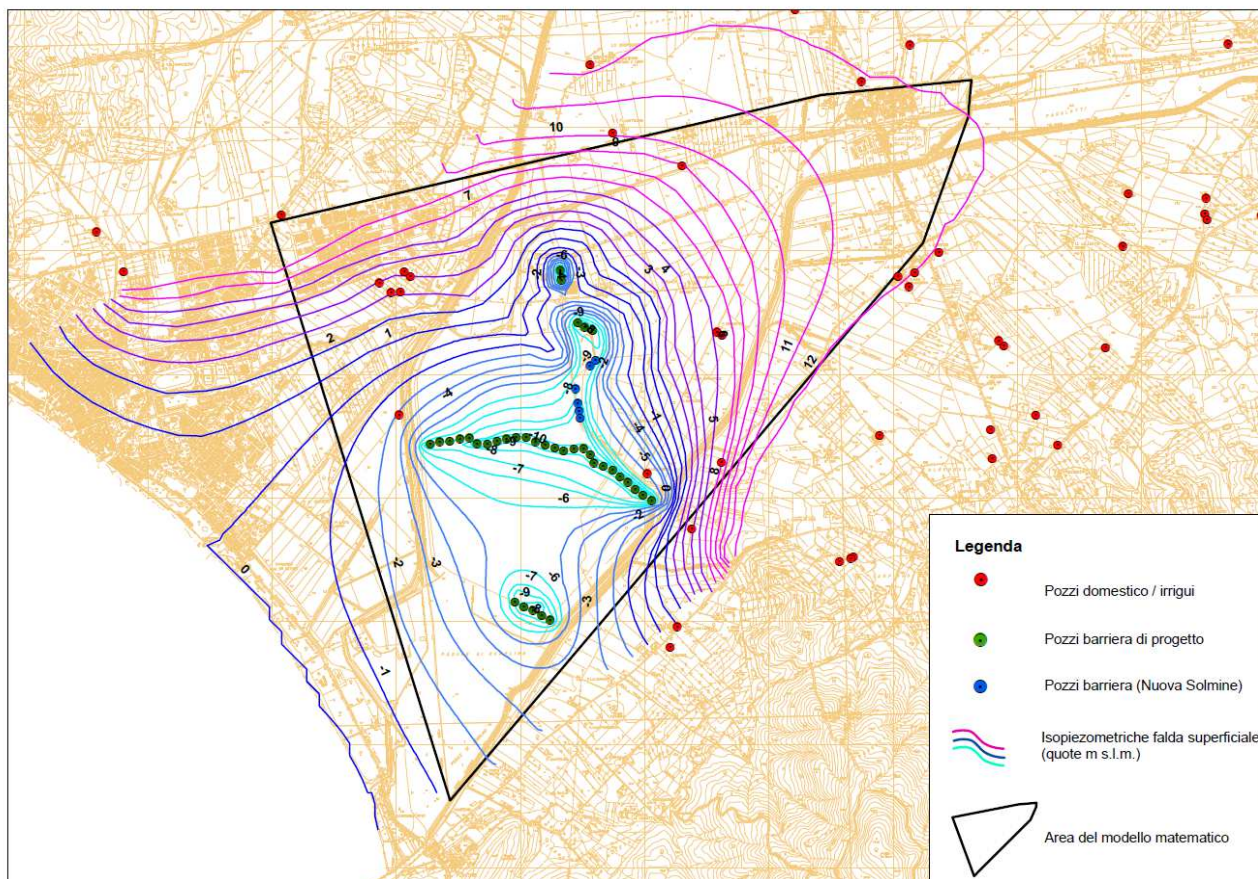


Figura 40. Ricostruzione dell'andamento di falda in condizioni di progetto: è chiaramente visibile l'effetto dovuto al nuovo sistema di barrieramento idraulico



19.7 Dimensionamento e realizzazione rete di collegamento con il sistema di trattamento acque

Le linee di pozzi barriera realizzate secondo i criteri sopra descritti invieranno le acque emunte ad ognuno dei n.2 impianti di trattamento summenzionati mediante una rete di collegamento costituita da n.2 linee di adduzione separate e indipendenti tra loro:

- a) linea acque provenienti dai pozzi più superficiali (falda 1a)
- b) linea acque provenienti dai pozzi più profondi (falda 1b)

Ad ognuno degli impianti di trattamento (Nuova Solmine e Scarlino Energia) giungeranno pertanto n.2 tubazioni.

Tale suddivisione consente un'eventuale gestione separata dei flussi, sia dal punto di vista del controllo (punti di presa campione), sia da quello relativo alle portate di pompaggio (si potrà, a seconda delle evenienze future, agire sulle portate di una linea senza influenzare l'altra, e viceversa).

Di seguito si riporta la progettazione logistica della rete e il conseguente dimensionamento della stessa.

19.7.1 Progettazione della rete di collegamento

La tipologia e i percorsi della rete di collegamento sono stati pensati tenendo conto di quanto segue:

- minimizzazione delle possibili interferenze con le attività produttive e gli impianti presenti nella piana;
- scelta dello sviluppo lineare totale di minore lunghezza, compatibilmente coi vincoli presenti sull'area;
- utilizzo, laddove possibile, di rack e/o tracce esistenti;
- utilizzo di percorsi lungo direttrici già esistenti, facilmente raggiungibili;
- minimizzazione del numero di tubazioni, e quindi dell'ingombro totale in sezione.

Tenendo in debito conto i criteri qui esposti, la rete è stata realizzata secondo la seguente suddivisione:

ramo nord (rosso): costituito da 2 tubazioni, una per le acque della falda 1a e una per quelle della falda 1b, raccoglie le acque dei n.5 cluster in zona La Botte, si dirige in direzione nord-sud verso l'esistente barriera di S.Martino Nuova Solmine) e corre affiancata alle tubazioni della stessa fino al ramo finale (zona centrale del Casone) - lunghezza totale circa 2600 m;

ramo sud (verde): costituito anch'esso da 2 tubazioni, una per le acque della falda 1a e una per quelle della falda 1b, raccoglie le acque dei n.5 cluster in zona Padule, si dirige in direzione nord-ovest verso il fiume Pecora, vi corre accanto fino all'attraversamento del canale di ritorno a mare, lo oltrepassa, dopodiché si dirige con direzione ovest-est per giungere infine all'impianto di Scarlino Energia - lunghezza totale circa 2600 m;

ramo centrale ed est (magenta): costituito anch'esso da 2 tubazioni, una per le acque della falda 1a e una per quelle della falda 1b, prende origine dal cluster posto più ad est, accanto al canale Allacciante, e si porta



verso la zona centrale del Casone con direzione Ovest-Nord-Ovest (ONO), correndo per un tratto accanto ai bacini Tioxide; raggiunge infine, passando accanto alla tubazione dell'esistente barriera S.Martino, il punto di raccordo con il ramo nord (rosso), dopodiché si immette nella tubazione di raccolta finale (viola) - lunghezza totale circa 2100 m;

ramo di raccolta finale (viola): costituito anch'esso da 2 tubazioni, una per le acque della falda 1a e una per quelle della falda 1b, riceve le acque provenienti dai rami centrale/est (magenta) e ramo nord (rosso) e li trasporta, correndo parallelamente alla tubazione esistente della barriera S.Martino, direttamente all'impianto di trattamento di Nuova Solmine - lunghezza circa 350 m.

Nella TAVOLA 7 si riporta lo schema della rete qui descritta.

Per comodità, di seguito invece si riporta stralcio della tavola con la visualizzazione delle linee:

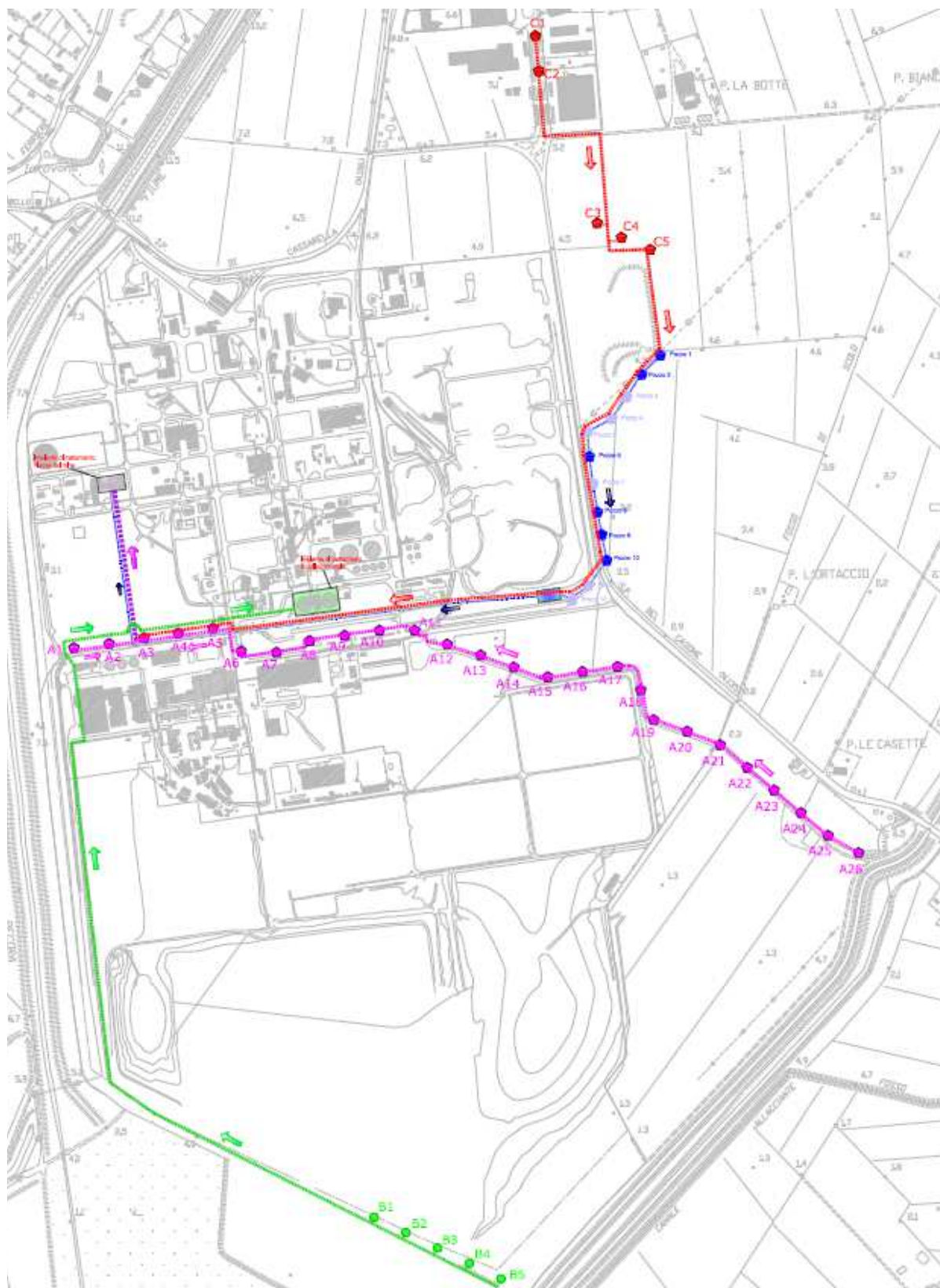


Figura 41. stralcio planimetrico della rete di raccolta acque emunte. In rosso il ramo nord, che raccoglie le acque provenienti da La Botte e corre accanto alla linea esistente (barriera S.Martino di Nuova Solmine); in verde il ramo che raccoglie le acque della barriera in zona Padule (sud) e raggiunge l'impianto di Scarlino Energia; in magenta il ramo centrale+ramo est (cfr. TAVOLA 7)



Riassumendo, come visibile nella figura soprastante e in TAVOLA 7, le acque della linea verde sono giungeranno direttamente all'impianto di Scarlino Energia, mentre quelle provenienti dalle linee magenta e rossa (oltre naturalmente all'esistente linea blu della barriera di S.Martino) giungeranno all'impianto di Nuova Solmine.

19.7.2 Dimensionamento delle tubazioni

Il dimensionamento del sistema di tubazioni è stato realizzato utilizzando la nota formula di Hazen-Williams, che permette di ottenere le perdite di carico distribuite per condotte in pressione:

$$J = \frac{10.675 Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}}$$

Dove:

J sono le perdite di carico;

C è il coefficiente di scabrezza, pari a 150 per le condotte in PE/PVC;

Q è la portata

D è il diametro della tubazione

Per il caso in esame si è ipotizzata una portata per la singola pompa pari a 5 l/min (sovradimensionamento a favore di sicurezza, applicando poi nel calcolo la lunghezza massima del ramo in esame (anch'esso a favore di sicurezza). Tramite tabelle comparative (fonte: www.oppo.it) basate sulla formula succitata, in base alla portata calcolata per singolo ramo, sono state trovate le perdite di carico in metri per chilometro, e quindi le perdite distribuite totali per ogni tratto, compreso il ramo finale.

Di seguito si riporta il calcolo svolto (in grassetto i diametri scelti):



linea superficiale (pozzi 10 m, falda 1a)			linea profonda (pozzi 18 m, falda 1b)		
pompe linea sud (verde)	[n°]	5	pompe linea sud (verde)	[n°]	5
lunghezza tubazione	[m]	2550	lunghezza tubazione	[m]	2550
portata singolo pozzo	[l/min]	5	portata singolo pozzo	[l/min]	5
portata totale	[l/sec]	0,417	portata totale	[l/sec]	0,417
Tubazione DN 63	[m]	3,65 (p. di carico)	Tubazione DN 63	[m]	3,65 (p. di carico)
tubazione DN 75	[m]	1,53 (p. di carico)	tubazione DN 75	[m]	1,53 (p. di carico)
pompe linea centrale (magenta)	[n°]	26	pompe linea centrale (magenta)	[n°]	26
lunghezza tubazione	[m]	2086	lunghezza tubazione	[m]	2086
portata singolo pozzo	[l/min]	5	portata singolo pozzo	[l/min]	5
portata totale	[l/sec]	2,167	portata totale	[l/sec]	2,167
tubazione DN 75	[m]	24,70 (p. di carico)	tubazione DN 75	[m]	24,70 (p. di carico)
tubazione DN 90	[m]	10,22 (p. di carico)	tubazione DN 90	[m]	10,22 (p. di carico)
pompe linea nord (rossa)	[n°]	5	pompe linea nord (rossa)	[n°]	5
lunghezza tubazione	[m]	2597	lunghezza tubazione	[m]	2597
portata singolo pozzo	[l/min]	5	portata singolo pozzo	[l/min]	5
portata totale	[l/sec]	0,417	portata totale	[l/sec]	0,417
tubazione DN 63	[m]	3,71 (p. di carico)	tubazione DN 63	[m]	3,71 (p. di carico)
tubazione DN 75	[m]	1,56 (p. di carico)	tubazione DN 75	[m]	1,56 (p. di carico)
tratto finale N.Solmine (viola)			tratto finale N.Solmine (viola)		
lunghezza tubazione	[m]	350	lunghezza tubazione	[m]	350
portata totale	[l/min]	155	portata totale	[l/min]	155
portata totale	[l/sec]	2,583	portata totale	[l/sec]	2,583
tubazione DN 75	[m]	5,81 (p. di carico)	tubazione DN 75	[m]	5,81 (p. di carico)
tubazione DN 90	[m]	2,40 (p. di carico)	tubazione DN 90	[m]	2,40 (p. di carico)

Tabella 14. calcolo diametro tubazioni

Tale dimensionamento ha inoltre permesso di poter effettuare il calcolo della potenza di ogni singola pompa (cfr. paragrafo dimensionamento elettropompe), verificando come le tipologie di elettropompe selezionate soddisfino ampiamente i criteri progettuali, garantendo prevalenze dell'ordine dei 70 metri con portate di circa 5 l/min.



19.8 Start up dell'impianto di sollevamento

L'impianto di sollevamento entrerà in funzione a regime previa esecuzione di una serie di prove di funzionamento:

- prove di funzionamento delle singole stazioni di pompaggio: pompa, quadro elettrico, sonde di livello, etc.;
- prove di funzionamento delle singole linee di pompaggio: linea ovest, linea centrale ed est, suddivise per falda 1a e falda 1b;
- prove portate/abbassamenti in una serie di pozzi scelti e verifica di eventuali difformità nelle produttività dei singoli pozzi;
- test di interferenza su pozzi scelti: per verificare i coni di depressione, dovranno essere predisposte prove di pompaggio su alcuni pozzi scelti, rappresentativi dei vari rami della barriera, della durata di 24 ore ciascuno, utilizzando piezometri esistenti adiacenti a quelli in pompaggio, utilizzati come piezometri-spia; tali prove serviranno per una eventuale taratura di precisione dei singoli emungimenti, nel caso siano riscontrate in campo consistenti difformità di condizioni litostratigrafiche o idrogeologiche rispetto alla condizione standard di progetto.

Al termine della fase di start-up e di tuning, potrà essere dato avvio a regime del sistema.

19.9 Trattamento e riutilizzo delle acque emunte

Le acque emunte dal sistema di pozzi-barriera saranno convogliate mediante la rete di adduzione sopra descritta all'interno di n.2 stazioni di trattamento nel modo seguente:

- ramo nord (rosso) + ramo centrale ed est (magenta): impianto Nuova Solmine
- ramo sud (verde): impianto Scarlino Energia

Come già sommariamente descritto in precedenza, è stato effettuato uno screening preliminare per valutare l'opportunità di realizzare un impianto di trattamento ad hoc oppure di avvalersi di impianti già esistenti in loco, utili allo scopo.

Tale screening ha valutato le seguenti necessità:

- utilizzare un impianto con caratteristiche e funzionalità compatibili con i contaminanti in gioco (risanamento acque da contaminanti inorganici in particolare);
- minimizzare i costi generali di trattamento;
- riutilizzare se possibile le acque nel sistema di trattamento stesso;
- minimizzare l'impatto generale dell'intervento.



Oltre ai fattori sopra citati, è stato inoltre tenuto in debito conto quanto recentemente introdotto dall'art. 243 del D.Lgs. 152/06 (così come sost. dall'art. 41, comma 1, legge n. 98 del 2013).

Per tutto quanto appena argomentato, **si è optato per convogliare la parte maggioritaria delle acque della barriera di progetto all'impianto di trattamento acque per la produzione dell'acqua demineralizzata di Nuova Solmine, e la restante parte alla produzione del latte di calce all'impianto di trattamento di Scarlino Energia.**

In particolare, come più sopra riportato, i flussi ai due impianti saranno i seguenti:

- c) a impianto di Nuova Solmine: 31 cluster - portata totale (falda 1a+1b) pari a circa 77,5 l/min
- d) a impianto di Scarlino Energia: n.5 cluster - portata totale (falda 1a+1b) pari a circa 12,5 l/min

La ripartizione dei flussi è stata effettuata tenendo conto delle rispettive disponibilità/possibilità, nonché di quanto descritto all'interno delle autorizzazioni integrate ambientali AIA. Più specificamente, la portata che verrà convogliata nell'impianto di Scarlino Energia risulta quantitativamente comparabile con quella dell'attuale MISE (che, lo ricordiamo, verrà dismessa, sostituita da quella in progetto), mentre una quota parte maggioritaria delle acque emunte dal sistema di barrieramento (pozzi-cluster area Casone e La Botte) giungeranno all'impianto di Nuova Solmine.

Tale scelta è apparsa la migliore in forza dei seguenti aspetti:

- ✓ non necessita la costruzione di un nuovo impianto ad hoc;
- ✓ gli impianti in oggetto hanno una capacità tale da poter accettare senza alcuna problematica particolare le portate in arrivo dalla barriera idraulica qui descritta (compatibilità dei volumi in gioco)
- ✓ i contaminanti delle acque provenienti dalla barriera sono pienamente compatibili con le caratteristiche tecniche di abbattimento degli impianti (compatibilità abbattimento contaminanti in gioco)
- ✓ non vengono prodotti nuovi scarichi ad hoc (riutilizzo completo acque nel ciclo produttivo), con evidenti benefici e semplificazioni

Nel paragrafo seguente viene fornita una descrizione tecnica degli impianti di trattamento di Nuova Solmine e di Scarlino Energia.

19.9.1 Impianto di Nuova Solmine: trattamento acque per la produzione di acqua demineralizzata

Nello stabilimento della Nuova Solmine è installato un impianto per la produzione di acqua demineralizzata utilizzata sia direttamente da Nuova Solmine, per la produzione di vapore e per la produzione di un particolare acido diluito nell'impianto solforico, che da terzi quali la Società Syndial S.p.A., lo Stabilimento Tioxide e lo Stabilimento SolBat.

La produzione di acqua demineralizzata risulta attività accessoria alla produzione di vapore di recupero e quindi alla alimentazione della centrale termoelettrica.



L'impianto in oggetto è in grado di produrre anche un'acqua di categoria inferiore, chiamata *acqua di processo*, ceduta, insieme alla precedente, allo stabilimento confinante Huntsman Tioxide.

L'impianto è progettato per produrre in continuo 280 mc/h di acqua deionizzata e 100 mc/h di acqua demineralizzata, che viene stoccata in due serbatoi metallici (capacità 300 e 900 mc). Bisogna inoltre ricordare il potenziamento dell'impianto di osmosi inversa, attuato a fine 2005, che ha incrementato di 20 mc/h la potenzialità di trattamento per ognuna delle due linee, migliorando la qualità dell'acqua alimentata alle linee di deionizzazione, incrementandone la durata delle resine prima di necessitare della rigenerazione.

L'impianto è attualmente alimentato sia con acqua di fiume proveniente dal Canale di Valpiana (identificato anche come Gora delle Ferriere) che con acqua di pozzo.

Il processo di demineralizzazione può essere schematizzato attraverso le seguenti fasi:

- Decantazione
- Filtrazione
- Prettrattamento osmosi e osmosi inversa
- Deionizzazione
- Demineralizzazione

Di seguito si riporta una descrizione delle fasi precedentemente menzionate.

Decantazione

La fase iniziale di decantazione si differenzia a seconda della provenienza dell'acqua alimentata all'impianto.

L'acqua proveniente dal canale viene addizionata di ipoclorito di sodio in un apposito condizionatore a pale (un ex chiarificatore non più utilizzato per tale scopo).

I motivi del dosaggio dell'ipoclorito di sodio sono:

- creare un ambiente ossidante necessario alla destabilizzazione dei colloidali presenti nell'acqua da trattare;
- creare un ambiente ossidante necessario all'attivazione della pirolusite presente nel successivo stadio di deferrizzazione e demanganizzazione;
- effettuare un controllo della carica batterica presente nell'acqua da trattare;
- saturare una parte della domanda chimica di ossigeno dovuta alle sostanze organiche ed inorganiche presenti nell'acqua.

L'acqua viene poi inviata, per gravità, alla successiva fase di filtrazione, costituita da filtro Monoscur e quindi alla vasca "acqua filtrata" da cui con idonee pompe verrà alimentata alla fase di vero e proprio pretrattamento per l'Osmosi.

L'acqua proveniente dalla linea a pozzi viene addizionata, in linea, di ipoclorito di sodio, quindi dopo il passaggio in un filtro a pirolusite è inviata in un idoneo serbatoio di contatto (in modo da fornire all'ipoclorito il tempo necessario per la sua azione) e quindi alla successiva fase di filtrazione a carbone, per rimuovere il cloro in eccesso.



Filtrazione

Nella fase di filtrazione in oggetto sono installate, in serie, tre unità di filtrazione costituite, rispettivamente, da:

- filtri alla pirolusite e quarzite;
- filtri a carbone attivo;
- filtri a cartucce.

Nei filtri alla pirolusite (la pirolusite è costituita da biossido di manganese praticamente puro) avviene l'ossidazione del ferro e manganese con formazione dei rispettivi ossidi insolubili che vengono così trattenuti dal letto filtrante in quarzite assieme a tutte le impurezze, compresi i colloidali, con l'aiuto di un coadiuvante di filtrazione, additivato in linea.

La rimozione degli ossidi formati avviene, oltre che per mezzo del letto filtrante, anche durante le operazioni di controlavaggio effettuato con il concentrato dell'osmosi inversa, stoccato in apposito serbatoio e opportunamente clorato.

Dai filtri alla pirolusite l'acqua viene inviata ai filtri a carbone attivo che hanno la funzione di rimuovere quantitativamente l'eccesso di cloro presente nell'acqua e parte delle sostanze organiche. Successivamente l'acqua è inviata ai filtri a cartucce che hanno la funzione di evitare che solidi di dimensioni superiori ai 5 µm, provenienti accidentalmente dal pretrattamento, raggiungano le membrane di osmosi. L'acqua in uscita dall'ultima unità di filtrazione viene addizionata di acido solforico per il controllo dell'alcalinità dell'acqua e quindi per diminuire la capacità di formare carbonati poco solubili, e di un antiscalant per il controllo dei sali dei metalli alcalino terrosi e della silice.

Pretrattamento osmosi e Osmosi inversa

In uscita dai filtri a cartucce l'acqua viene pompata ai vessels contenenti le membrane per l'osmosi inversa. Da essa si ottengono due correnti acquose: il permeato, acqua povera in ioni, ed il concentrato, che contiene la quasi totalità degli ioni contenuti nell'acqua alimentata. Il permeato viene successivamente inviato ad un serbatoio di stoccaggio e da qui, per mezzo di idonee pompe, alla successiva fase di deionizzazione.

Deionizzazione

Il processo di deionizzazione consiste nell'eliminazione di tutti gli ioni presenti nell'acqua tramite l'utilizzazione simultanea di resine cationiche acide e di resine anioniche basiche. Le due resine vengono rigenerate rispettivamente con acido solforico e soda caustica. L'acqua in uscita dall'unità di deionizzazione viene inviata alla successiva fase di demineralizzazione.

Demineralizzazione

La fase di demineralizzazione in oggetto è indispensabile quando l'acqua deve essere lavorata in caldaia a pressioni elevate. Il processo in oggetto, costituito da una linea a due stadi costituita rispettivamente da una



resina cationica forte e da una resina anionica forte, permette di eliminare completamente tutti i sali rimasti, la silice presente e la CO₂. Le due resine vengono rigenerate con soda caustica ed acido solforico. L'acqua in uscita dall'impianto di demineralizzazione viene stoccata in opportuni serbatoi e approvvigionata a terzi e utilizzata per autoconsumo. In tabella seguente si riportano i dati relativi ai flussi di materia in ingresso ed in uscita, nel corso del 2006, nell'impianto di produzione di acqua demineralizzata.

Impianto Acqua Demineralizzazione (TK)	
Ingresso	
Acque	
Acqua di fiume (t)	1.834.442
Acqua di pozzo (t)	776.742
Acqua di recupero (t)	-
Acqua di miniera (t)	0
Prodotti chimici	
Carbonato di sodio (t)	-
Polielettrolita (t)	0.5
Soda caustica (t)	163
Calce (t)	-
Acido solforico (t)	80
Antiscalant (t)	12
Coadiuvante filtrazione (t)	1.5
Ipoclorito di sodio (t)	140
Resine scambiatrici (t)	0
Carbone antrafit (t)	20
Sabbia di quarzo (t)	40
Uscita	
Acqua demi per stabilimento (t)	373.512
Acqua demi per terzi (t)	100.502
Acqua si processo per terzi (t)	1.167.583
Concentrato osmosi a stab. confinante con acqua di gora (t)	0
Di recupero a terzi per utilizzo (raffreddamenti) (t)	60.000
Di recupero a Raffreddamenti compressori Nuova Solmine (t)	294.000

Tabella 15. Dati in entrata e uscita Impianto Acqua Demineralizzata – anno 2006

Caratteristiche del concentrato

Il concentrato prodotto dall'impianto nello stadio di osmosi inversa è un'acqua ricca in ioni in quanto contiene quelli presenti nell'acqua grezza in ingresso al pretrattamento. Esso sarà inviato ad un serbatoio di stoccaggio ed è utilizzato per effettuare i lavaggi dei filtri a carbone e dei filtri alla piro-sulite presenti nelle tre linee di trattamento.

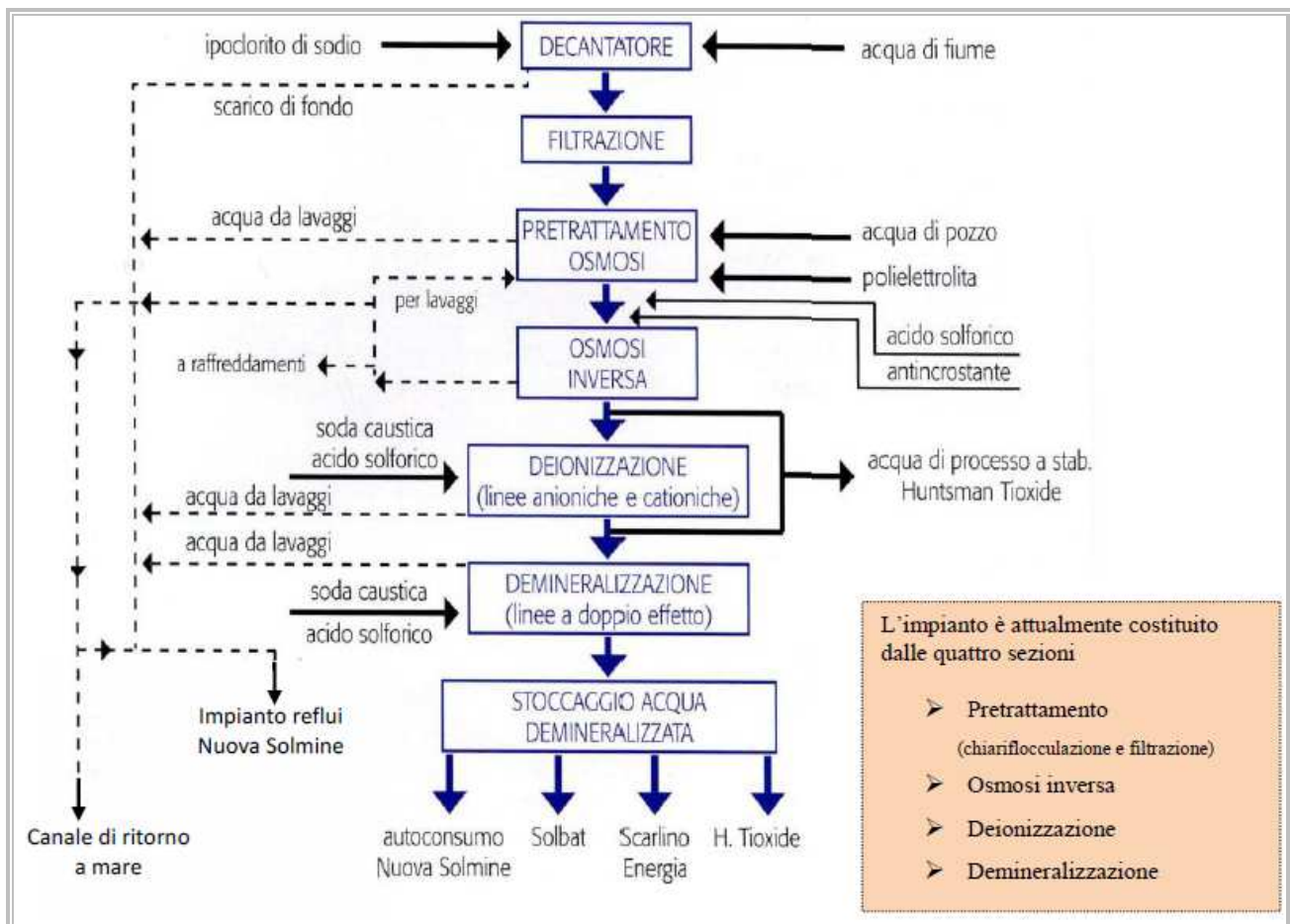


Figura 42. Schema Impianto Acqua Demineralizzata

integrazioni AIA anno 2010

La portata prodotta alla capacità massima dall'impianto di osmosi inversa risulta pari a 100 m³/h.

Infatti considerando i dati di targa dell'impianto risulta che, a fronte di un ingresso di acqua all'impianto pari a 340 m³/h, vengono prodotti 240 m³/h di acqua osmotizzata inviata quindi all'impianto.



Figura 43. impianto di osmosi inversa Nuova Solmine

19.9.2 Impianto di trattamento dei rifiuti liquidi (TRL) di Scarlino Energia: modulo per la produzione di latte di calce

Nello stabilimento di Scarlino Energia è installato l'impianto di trattamento rifiuti liquidi (TRL). Tale impianto prevede, in uno dei suoi stadi primari, l'utilizzo del latte di calce quale additivo funzionale al controllo/correzione del pH.

Le acque di falda emunte dalla porzione di barriera idraulica costituita dalla batteria dei n°5 cluster posti in zona Padule di Scarlino verranno impiegate all'interno di tale stadio, per la produzione del latte di calce.

Qui di seguito riportiamo la descrizione del funzionamento dell'impianto così come contenuto nella relazione tecnica dell'AIA dell'anno 2012.

L'impianto di trattamento dei rifiuti liquidi (*fonte: relazione tecnica AIA 2012*) è composto da una sezione di reazione e una di sedimentazione, costituita da due sedimentatori, più il trattamento fanghi tramite filtropresse. La sezione di trattamento è suddivisa in quattro vasche:

- batch da 30 m³;
- batch da 60 m³;
- batch da 90 m³ (collegabile alla quarta vasca);



- vasca per il trattamento in continuo da 90 m³.

La vasca da 30 m³ viene utilizzata per il trattamento dei rifiuti pericolosi non miscelabili con altri e quindi la capacità è stabilita pari a quella di un serbatoio.

La vasca da 60 m³ può essere utilizzata sia per il trattamento di rifiuti pericolosi miscelabili (due serbatoi), che per rifiuti non pericolosi non miscelabili (un serbatoio).

La vasca da 90 m³ sarà utilizzata per rifiuti non pericolosi miscelabili. Le sue dimensioni sono lasciate invariate rispetto alla struttura esistente in modo da utilizzarla per il trattamento di eventuali flussi in emergenza da Nuova Solmine e/o da miniera di Gavorrano.

La struttura delle vasche consente comunque trattamenti di batch di quantitativi che non raggiungono il riempimento delle stesse.

I batch vengono utilizzati per il trattamento dei rifiuti liquidi provenienti dallo stoccaggio sopradescritto. La vasca in continuo viene invece utilizzata per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti e per le acque di bonifica Syndial.

Tutte e quattro le vasche sono dotate di agitatore e sistema di dosaggio dei reagenti. Le tre vasche batch hanno il fondo conico con scarico valvolato.

I reagenti utilizzabili sono:

- Calce, soda caustica: alcalinizzante
- Acido solforico: acidificante
- Cloruro ferrico: per la precipitazione
- Bisolfito di sodio: per il trattamento del cromo esavalente
- Ipoclorito di sodio: per il trattamento dei cianuri e ammoniaca
- Solfuro di sodio o equivalente: demetallizzante
- Polielettrolita: flocculante
- Acqua ossigenata: riduzione COD

La sezione di sedimentazione è comune alle quattro vasche.

Stoccaggio reagenti

La calce viene preparata in un sistema dedicato costituito da quattro silos di stoccaggio della calce, e vasche di miscelazione con acqua (di barriera idraulica). Il polielettrolita e il cloruro ferrico vengono stoccati nei sistemi esistenti.

Gli altri reagenti sono stoccati in fusti da 1 m³ inseriti ciascuno all'interno di un bacino di contenimento di dimensioni adeguate in materiale plastico resistente all'attacco chimico. La zona di stoccaggio è ubicata al di sotto di uno dei sedimentatori.



Dosaggio reagenti

Vengono dosati i reagenti nell'ordine e nelle quantità stabilite, utilizzando anche le strumentazioni in continuo per verificare l'avanzamento della reazione (es. pH-metri).

L'omogeneità è garantita dalla presenza dell'agitatore.

In funzione delle caratteristiche dei rifiuti, vengono individuati, attraverso prove di laboratorio, i quantitativi e le sequenze delle diverse tipologie di reagenti da dosare nelle vasche batch. Quindi, quando il rifiuto liquido viene caricato, la "ricetta" di trattamento è già nota.

Controllo del trattamento

Secondo i tempi definiti dalle prove di laboratorio, un campione rappresentativo viene prelevato ed analizzato in laboratorio per verificare l'effettivo abbattimento (analisi sul filtrato). Se i risultati sono conformi si procede all'invio al sedimentatore. Se invece il trattamento non è completo si può ripetere il trattamento oppure inviare l'acqua trattata ma non conforme al serbatoio di emergenza situato nel parco serbatoi.

Scarico batch

Ognuno dei tre scarichi valvolati è collegato ad un collettore, il quale è a sua volta connesso ad una pompa. La pompa preleva lo scarico della vasca agitata e lo invia al sedimentatore, passando attraverso una piccola vasca dove viene aggiunto il polielettrolita. Le stesse pompe possono inviare l'acqua trattata al serbatoio di emergenza. Nel caso una delle pompe sia fuori uso, un sistema di valvole poste nei collettori consente di utilizzare le altre pompe confinanti.

Continuo

La quarta vasca viene utilizzata in continuo per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti e le acque della bonifica di Syndial quando richiesto. È caratterizzata da un setto che la divide a metà, lasciando in fondo un passaggio. Questa geometria assicura una omogeneizzazione con i reagenti tale da garantire il completo trattamento. Il sistema comprende la possibilità di dosare calce, soda caustica, demetallizzante e cloruro ferrico. Lo scarico entra direttamente nella vasca di aggiunta del polielettrolita da dove viene poi inviato a sedimentatore.

Misto

In caso di necessità la terza vasca batch da 90 m³ può essere collegata alla vasca in continuo attraverso una valvola. Questo consente di trattare in continuo i flussi provenienti dalla miniera di Gavorrano e da Nuova Solmine, ora interrotti.

Assetti di marcia

Ci sono quindi due possibili assetti di marcia:



- Normale: 3 vasche batch + 1 vasca in continuo per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti e acqua di bonifica Syndial quando richiesto;
- Emergenza: 2 vasche batch + 2 vasche funzionanti in continuo per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti, acque di bonifica Syndial e flussi da Nuova Solmine e miniera di Gavorrano quando richiesto.

Sedimentazione

La sezione di sedimentazione è costituita da un primo sedimentatore circolare di 33 metri di diametro, e da un secondo sedimentatore longitudinale, denominato vasca di calma, di 74 metri di lunghezza.

Scarico al canale

L'acqua depurata sfiora dal sedimentatore longitudinale direttamente nel canale di ritorno al mare, di cui la vasca di calma rappresenta l'inizio. Lo sfioro può essere intercettato per l'uso in impianto in sostituzione dell'acqua dolce industriale all'uscita del primo sedimentatore.

Ispessimento dei fanghi

I fanghi estratti dal fondo del decantatore acque dolci vengono inviati ad una stazione di ispessimento costituita da filtropresse. Sono presenti nella stazione due filtropresse, una collegata alla linea fumi ed una collegata alla linea acque dolci. In caso di malfunzionamento di una delle due linee i flussi possono essere invertiti. I fanghi non possono però essere miscelati. Per questo motivo un terzo piazzale per lo stoccaggio è disponibile nella zona ispessimento.

Riutilizzo

Una parte delle acque trattate viene riutilizzata in impianto, al fine di limitare i consumi di acqua: allo scopo è presente un apposito sistema di derivazione e stoccaggio.

[...]

Sistema di Recupero delle Acque

Nell'impianto Scarlino Energia è attivo dal Dicembre 2010 un sistema di recupero delle acque in uscita dall'impianto di trattamento, di qualità tale da permetterne il riutilizzo in varie sezioni del Termovalorizzatore. Il sistema prevede il convogliamento dell'acqua dolce depurata in uscita dal decantatore Ovest (linea acque dolci) dell'impianto di trattamento verso uno stoccaggio, da cui avviene l'alimentazione della rete acqua industriale; in particolare:

- il prelievo dell'acqua dolce depurata è assicurato per gravità dalla tubazione di stramazzo posta sul lato Sud del decantatore Ovest, ad un'altezza di circa 5 m sul piano campagna. Da tale punto parte la condotta di adduzione al serbatoio, che confluisce in un collettore di acciaio posto prima dell'area di stoccaggio;



- lo stoccaggio avviene in 2 serbatoi verticali a fondo piano, con diametro di circa 4 m ed altezza circa 6.3 m, per un volume utile di riempimento di circa 120 m³;
- per la movimentazione dell'acqua di recupero sono installate 3 pompe verticali multistadio, che garantiscono una portata variabile da 0 a 200 m³/ora ed una pressione minima di esercizio di 5 bar: tali prestazioni consentono la corretta alimentazione del sistema acqua industriale, a cui viene confluita l'acqua di recupero tramite una linea DN150 in acciaio.

19.9.3 Riutilizzo delle acque nel ciclo produttivo

Come già anticipato, le acque emunte dai sistemi di barrieramento idraulico progettati sono interamente riutilizzate all'interno del ciclo industriale dei due stabilimenti di Nuova Solmine e Scarlino Energia.

Pertanto la bonifica delle acque di falda della piana non genererà scarichi ad hoc, abbracciando di fatto uno degli scopi del presente progetto, nonché uno dei principi ispiratori del Testo Unico Ambientale D.Lgs. 152/06, che predilige, laddove possibile, il riutilizzo delle acque e, quindi, la minimizzazione dell'impatto sull'ambiente (nessuno punto di scarico) con conseguente ottimizzazione di costi e risorse.

Preme sottolineare ancora che tale scelta progettuale è inoltre pienamente in linea con gli ultimi aggiornamenti normativi: in particolare si fa riferimento all'art. 243 del D.Lgs. 152/06 (come sostituito dall'art. 41, comma 1, legge n. 98 del 2013) che, in particolare al comma 1 specifica quanto segue:

“[...] in caso di emungimento e trattamento delle acque sotterranee deve essere valutata la possibilità tecnica di utilizzazione delle acque emunte nei cicli produttivi in esercizio nel sito, in conformità alle finalità generali e agli obiettivi di conservazione e risparmio delle risorse idriche stabiliti nella parte terza.”

19.9.4 Gestione delle emergenze

L'impianto di demineralizzazione di Nuova Solmine è costituito da n.2 linee parallele. Ciò garantisce che, nel caso di eventuali guasti o fermi impianto per manutenzione/controllo, non debba essere interrotto l'approvvigionamento delle acque in ingresso e, di conseguenza, non debba essere interrotto anche il funzionamento del sistema di emungimento dalla nuova barriera idraulica.

Nella remota eventualità in cui entrambe le linee dell'impianto subiscano un guasto o un fermo non prevedibile, per evitare soluzioni di continuità nel trattamento, sarà comunque sempre possibile convogliare le acque della barriera nell'impianto di trattamento rifiuti liquidi (TRL) di Scarlino Energia, in grado anch'esso di poter gestire portate e carichi inquinanti delle acque provenienti dalla barriera idraulica di progetto.

Per ciò che concerne invece l'impianto di trattamento di Scarlino Energia (in cui, ricordiamo, verranno convogliate, per la produzione del latte di calce, le acque della barriera idraulica della zona sud delle Padule), anch'esso, così come quello di Nuova Solmine, è fornito di n.2 linee parallele indipendenti, che garantiscono la gestione delle acque in ingresso senza soluzione di continuità anche in caso di eventuali guasti o fermi impianto per controlli e/o manutenzioni.



19.10 Durata dell'intervento e obiettivi di bonifica

L'intervento di bonifica mediante utilizzo della tecnologia di *pump&treat* solitamente, se non accompagnato da studi idrochimici di dettaglio (es. studi di decadimento con prove pilota in laboratorio e di campo), non consente una stima se non del tutto indicativa delle possibili tempistiche di risanamento del comparto acque sotterranee.

Tale stima è inoltre fortemente dipendente dall'estensione del dominio di controllo del tenore di analiti nelle acque di falda, nonché dalle diverse tipologie e quantitativi dei contaminanti e, non ultimo, dal livello di complessità dell'idrogeologia.

Per queste ragioni risulta oltremodo difficoltoso stimare una tempistica congrua relativa alla possibile durata dell'intervento in progetto.

Tuttavia alcuni studi ad area vasta presi a riferimento nel presente elaborato hanno stimato un tempo di rigenerazione completa del comparto acque sotterranee per la zona della piana di Scarlino pari a **15 anni**.

Poiché tale dato risulta congruo, come ordine di grandezza, alle tempistiche dei classici interventi di barriera idraulica per aree non ristrette, si considererà pertanto, come tempistica per l'intervento in oggetto, una durata pari a 15 anni.

Resta inteso comunque che risulteranno di fondamentale importanza le fasi di controllo e monitoraggio, tramite le quali sarà possibile verificare l'andamento dell'intervento allo scorrere del tempo, in termini di efficacia e, sulla base di questi, la durata dell'intervento potrà subire modifiche.

Per quanto concerne invece gli obiettivi di bonifica, è necessario un ragionamento specifico.

Va innanzitutto detto che, in accordo con il D.Lgs. 152/06 così come modificato dal D.Lgs. 4/2008, per gli obiettivi di bonifica della falda si dovrebbe guardare al rispetto delle CSC specifiche per ogni contaminante.

Tuttavia, così come ribadito all'interno degli studi specifici svolti per l'area della piana di Scarlino, l'area vasta entro cui si inserisce il presente progetto si caratterizza per una serie di anomalie idrochimiche che interessano proprio i contaminanti oggetto di bonifica, vale a dire Arsenico, Ferro, Manganese e Solfati.

Tali anomalie sono ascrivibili a cause e processi naturali entro un certo range di concentrazioni abbastanza ampio, mentre oltre certi limiti e picchi (come nel caso specifico del tenore di Arsenico nei piezometri della falda superficiale dell'area del Casone, ad esempio) si può configurare invece un apporto (ancorché passato) dovuto alle attività antropiche svolte nei luoghi in esame (cfr. studio Donati-Biondi).

Vale la pena ancora riferirsi al parametro Arsenico, per sottolineare come, a fronte di una concentrazione massima ammissibile nelle acque di falda pari a 10 µg/l (CSC da Tab. 2 Allegato V alla Parte Quarta del Titolo V del D.Lgs. 152/06), si riscontrino tenori superiori (circa 4-5 volte superiori alla CSC stabilita dal D.Lgs. 152/06) anche in punti non a stretto contatto con le aree su cui insistono le attività industriali.

A tal proposito si cita direttamente lo studio Donati-Biondi "Studio dei traccianti della contaminazione delle acque di falda della Piana di Scarlino":

"Gli studi prodotti nel periodo 2003-2008 da UNI-FI/ARPAT sulla Piana di Scarlino, hanno confermato la presenza di una marcata anomalia di arsenico nei terreni e nelle acque. Per quanto riguarda i suoli, tali



indagini hanno portato all'innalzamento dei valori soglia di concentrazione oltre i quali un sito è considerato contaminato (CSC), applicando lo strumento legislativo del valore di fondo (VF) e fissando in 100 mg/kg il valore di fondo naturale (background geogenico) e in 200 mg/kg il valore di fondo (baseline geogenico più antropogenico). Tali limiti sono stati ottenuti per la porzione di territorio compresa fra il Fiume Pecora, il canale Allacciante e la strada Scarlino Scalo-Cura Nuova, estrapolando le variazioni areali già individuate da ARPAT (nota Arpat nprot.105674).

Per quanto riguarda le acque, gli studi condotti da UNIFI/ARPAT (SCARLINO II ADDENDUM e SCARLINO III) indicano un valore di fondo (anche se di fatto non assunto come tale) per l'arsenico pari alla concentrazione di 45 µg/l."

Lo stesso studio Donati—Biondi sopra menzionato fornisce dei cosiddetti "valori guida" per i contaminanti di interesse all'interno della piana (in particolare per la porzione denominata "perimetro") i quali, pur non essendo considerabili, a detta loro, come obiettivi di bonifica, hanno carattere di valori di riferimento, appunto. Tra essi menzioniamo in particolare, a titolo di confronto, il valore guida pari a 80 µg/l sulla falda superficiale per il parametro Arsenico (valore di 8 volte superiore al limite CSC).

Si ritiene importante sottolineare ancora che tale studio rimanda a eventuali valori di fondo a cui riferirsi, una volta individuati.

Tenendo conto delle considerazioni fatte, nonché degli studi pregressi svolti e dei dati presi a riferimento, si ritiene pertanto plausibile uno scenario futuro in cui l'intervento di bonifica delle acque raggiunga valori del tutto confrontabili con i tenori naturali riscontrati ad area vasta (e non riconducibili all'effetto della pressione antropica), attestandosi su concentrazioni comunque al di sopra dei limiti CSC, come messo in luce dagli studi presi a riferimento.

Per le ragioni sopra esposte, si ritiene auspicabile da parte degli organi competenti in materia la promozione e realizzazione di uno studio approfondito che si ponga come obiettivo la definizione di valori di fondo relativi ai contaminanti indice per le acque di falda della piana di Scarlino.

Indipendentemente dall'auspicio di vedere entro tempi brevi la realizzazione di uno studio in tale senso, l'intervento di bonifica qui proposto mira alla gestione della contaminazione, alla sua riduzione progressiva nel tempo, nonché prevede un monitoraggio costante e periodico a scala vasta, tale per cui possa costituire anch'esso un'importante base di partenza a cui riferirsi per l'eventuale valutazione di valori di fondo futuri per la zona della piana di Scarlino.

19.11 Integrazione della rete piezometrica esistente con piezometri di nuova realizzazione

Al fine di integrare la rete piezometrica esistente nell'area della piana di Scarlino, verranno realizzati una serie di piezometri utili ai seguenti fini:

- creare una griglia più razionalmente distribuita dal punto di vista spaziale, in quanto attualmente vi sono zone con presenza fitta di punti di monitoraggio, seguite da altre in cui la distribuzione è insufficiente o troppo distanziata, creando eccessive soluzioni di continuità, con conseguenti distorsioni della griglia di dati (grid);



- uniformare i dati chimici e freaticometrici attuali, evitando eccessive difformità nel numero di punti totali per ogni livello acquifero (es.: attualmente i punti di monitoraggio per la falda superficiale sono molto maggiori di quelli nella falda profonda);
- indagare aree e zone con carenza o assenza di dati.

Di seguito si riportano numero, ubicazione, modalità costruttive dei piezometri di nuova realizzazione.

19.11.1 Quantità e ubicazione dei piezometri

Le necessità sopra esposte hanno portato alla proposta di realizzazione di:

- i. n. 6 nuovi piezometri, intercettanti esclusivamente la falda superficiale 1a, realizzati indicativamente alla profondità di 10 metri da p.c.;
- ii. n. 9 nuovi piezometri, intercettanti esclusivamente la falda superficiale 1b, realizzati indicativamente alla profondità di 18 metri da p.c.;
- iii. n. 9 nuovi piezometri, intercettanti esclusivamente la falda profonda (falda 2), realizzati indicativamente alla profondità di 30 metri da p.c.

Pertanto verranno realizzati un totale di n. 24 piezometri.

L'ubicazione di detti piezometri è stata inserita in TAVOLA 8. Laddove possibile, è stato previsto di affiancare i piezometri di nuova realizzazione ad integrazione di quelli esistenti, in modo tale da creare dei cluster di 3 piezometri affiancati.

Tale criterio permetterà la verifica diretta delle eventuali differenze nel tenore di analiti tra i differenti livelli acquiferi indagati.

19.11.2 Modalità esecutive dei piezometri

I piezometri verranno realizzati mediante sonda di perforazione a carotaggio continuo a secco (diametro 101 mm), ossia senza circolazione di fluidi nelle aste di perforazione per evitare l'innescio di fenomeni di diffusione dell'eventuale inquinamento per dilavamento e/o percolazione.

Tale metodologia dovrà permettere la valutazione degli orizzonti stratigrafici sede dell'acquifero specifico da intercettare e, di conseguenza, quali livelli o zona isolare. Ciò in quanto i piezometri dovranno essere selettivamente fenestrati, evitando l'interconnessione tra livelli acquiferi differenti: i piezometri di falda 1a dovranno intercettare esclusivamente il loro rispettivo acquifero, così come quelli relativi alla falda 1b e alla falda 2.



Le carote prelevate verranno alloggiare in cassette catalogatrici di materiale plastico atossico dotate di separatori interni su cui apporre, in maniera chiara ed indelebile, le informazioni relative a: (a) ubicazione del sito, (b) numero del sondaggio, (c) profondità dell'intervallo di carota contenuto nella cassetta. Le carote disposte nelle cassette catalogatrici verranno fotografate e per esse realizzato un log stratigrafico.

Una volta eseguiti i sondaggi si procederà ad installare una colonna di tubi in PVC atossica in spezzoni filettati da 1,5 m/cad, di diametro pari a 3 pollici, giuntando i diversi spezzoni a bocca foro.

L'attività di condizionamento del piezometro avverrà riempiendo l'intercapedine perforo tubazione in corrispondenza dei tratti filtranti con materiale di drenaggio costituito da ghiaia silicea calibrata di diametro 4/6 mm. Tale operazione si svolgerà sfilando progressivamente le aste di rivestimento. La sommità del dreno arriverà fino a circa 0,50 m sopra la sommità del tratto filtrante.

La costruzione dell'intercapedine verrà realizzata immettendo, dapprima, argilla bentonitica in pellets per uno spessore di 0,50 metri al di sopra del materiale drenante con funzione di separazione tra il dreno e la cementazione superiore. In corrispondenza del tratto di tubo cieco fino ad arrivare al piano di campagna, l'intercapedine sarà sigillata immettendo miscela cementizia (boiaccia) dalla superficie, portando a termine le operazioni in un'unica fase per evitare la formazione di superfici di discontinuità.

Il tubo di rivestimento verrà provvisto di tappo non lubrificato a vite. A seguito dell'installazione, sarà effettuata la verifica di assenze di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro strumenti testimone di dimensioni comparabili agli strumenti da utilizzare in seguito per il campionamento delle acque.

Al termine della verifica di funzionalità verrà predisposta la fase di sviluppo del piezometro nell'intento di rimuovere il pannello di materiali fini che vengono a crearsi intorno al foro a seguito delle attività di perforazione, aumentare la permeabilità locale dell'acquifero ed ottenere una migliore portata specifica. Lo sviluppo dei piezometri sarà effettuato non prima di 48 ore dalla messa in opera delle cementazioni per consentire l'adeguato indurimento delle stesse.

19.12 Piano dei monitoraggi e dei controlli

Nel presente paragrafo si riportano i monitoraggi e i controlli previsti a seguito dell'avvio del sistema di bonifica sopra descritto.

Il piano dei monitoraggi comprende le verifiche previste per i 15 anni successivi all'attivazione del sistema di bonifica al fine di valutare gli effetti indotti dalla implementazione del barrieramento idraulico per falda. Sono infatti previsti monitoraggi chimici delle acque e monitoraggi freaticometrici.

Oltre a ciò, nel presente capitolo, si riportano anche i controlli previsti ai fini del corretto funzionamento dell'intero sistema di bonifica delle acque di falda.

19.12.1 Attività di controllo e manutenzione ordinaria

Per un corretto funzionamento dell'impianto è necessario effettuare periodicamente le seguenti operazioni di controllo e manutenzione:

- controllo delle portate delle pompe;



- regolazione delle portate;
- misura del livello della falda;
- controllo regolare funzionamento delle pompe;
- rilevamento del quantitativo di acqua trattata o prelevata;
- campionamento e analisi di controllo;
- campionamento e analisi acque in ingresso all'unità di trattamento;
- verifica dell'efficienza dei comandi elettrici e delle protezioni, interruttori magnetotermici e differenziali;
- verifica delle tenute idrauliche dell'impianto e del collettore di collegamento delle pompe installate nei pozzi barriera;

Dovrà essere predisposto un registro dei controlli in cui saranno riportate le operazioni effettuate e tutte le informazioni necessarie alla corretta gestione dell'impianto.

CONTROLLI IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO E UNITÀ DI TRATTAMENTO

Ogni pompa situata nei pozzi barriera deve essere regolata con la portata indicata. Una volta impostati i valori delle portate di progetto, occorre, periodicamente, controllare il regolare funzionamento di ogni pompa verificando la portata attraverso il conta litri posto sulla tubazione di mandata di ciascun pozzo.

I controlli da effettuare sugli impianti di trattamento acque sono quelli usuali già adottati sugli impianti esistenti.

19.12.2 monitoraggi sulle acque di falda

In relazione alle necessità di controllo periodico del chimismo e della freatimetria delle acque della zona della piana di Scarlino, di seguito si riporta una proposta di punti di monitoraggio, di parametri analitici da ricercare e di periodicità dei campionamenti.

Si propongono pertanto le seguenti attività da svolgere per il monitoraggio dell'efficienza ed efficacia del sistema di barrieramento:

- ANTE OPERAM, su rete piezometrica estesa (cfr. par. successivi e TAVOLA 8): n.1 campagna freatimetrica e di prelievo di campioni dalla ed avvio a determinazioni analitiche di laboratorio;
- IN CORSO D'OPERA, su rete piezometrica di controllo (cfr. par. successivi e TAVOLA 8):
 - Esecuzione del rilievo freatimetrico a cadenza trimestrale;
 - Prelievo di campioni di acque sotterranee ed avvio a determinazioni analitiche di laboratorio a cadenza trimestrale;



- Prelievo di n.1 campione di acque in ingresso proveniente dal sistema di barrieramento idraulico relativo alla falda 1a, a cadenza mensile per ognuno dei n.2 impianti (Nuova Solmine e Scarlino Energia);
 - Prelievo di n.1 campione di acque in ingresso proveniente dal sistema di barrieramento idraulico relativo alla falda b a cadenza mensile per ognuno dei n.2 impianti (Nuova Solmine e Scarlino Energia);
 - su rete piezometrica estesa (cfr. par. successivi e TAVOLA 8): campagna freatimetrica e di prelievo di campioni dalla ed avvio a determinazioni analitiche di laboratorio a cadenza annuale;
- Elaborazione di report semestrali con la sintesi delle attività svolte.

Secondo tale metodologia, verranno sempre effettuate:

- a cadenza mensile, il controllo chimico delle acque della barriera;
- a cadenza trimestrale il controllo freatimetrico e chimico di punti di controllo ordinario sulla piana di Scarlino;
- a cadenza annuale un controllo freatimetrico e chimico più approfondito su un numero più esteso di piezometri della piana.

Tali controlli verranno effettuati con la periodicità sopra descritta per i primi 5 anni di monitoraggi.

Al termine di essi verrà redatto un report conclusivo e, in base ai risultati ottenuti, saranno pianificati cadenza e numerosità dei monitoraggi relativi ai successivi 10 anni.

PUNTI DI MONITORAGGIO CHIMICO E FREATIMETRICO RETE PIEZOMETRICA

In base alla periodicità dei campionamenti sopra definita di seguito si riporta la suddivisione relativa ai piezometri di monitoraggio ordinario ed esteso:

a) rete di monitoraggio ordinario (trimestrale):

- **Falda 1a:** 16 piezometri
- **Falda 1b:** 16 piezometri
- **Falda 2:** 10 piezometri

Per la loro individuazione si rimanda alla TAVOLA 8.

b) rete di monitoraggio esteso (annuale):

- **Falda 1a:** 30 piezometri
- **Falda 1b:** 27 piezometri
- **Falda 2:** 19 piezometri

c) monitoraggio barrieramento idraulico (mensile):



- **Falda 1a:** 1 punto di presa prima dell'ingresso all'impianto di trattamento di Nuova Solmine
- **Falda 1b:** 1 punto di presa prima dell'ingresso all'impianto di trattamento di Nuova Solmine
- **Falda 1a:** 1 punto di presa prima dell'ingresso all'impianto di trattamento di Scarlino Energia
- **Falda 1b:** 1 punto di presa prima dell'ingresso all'impianto di trattamento di Scarlino Energia

PARAMETRI PROPOSTI

Nel presente paragrafo si riporta il set analitico previsto per i futuri monitoraggi in relazione ai parametri traccianti della contaminazione.

PARAMETRO	METODO	U.M.
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	-
Temperatura	APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003	°C
Conducibilità	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003	mS/cm
Potenziale Red-Ox	ASTM D1498 - 08	mV
Arsenico	EPA 6020A 2007	µg/l
Ferro	EPA 6020A 2007	µg/l
Manganese	EPA 6020A 2007	µg/l
Solfati	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l

Tabella 16. Tabella parametri di monitoraggio da ricercare delle acque di falda

I parametri proposti saranno ricercati nelle campagne succitate per i primi 5 anni di monitoraggio a partire dall'avvio della barriera. Successivamente potranno essere valutate eventuali modifiche di tali parametri.

Previamente alle operazioni di campionamento, da ognuno dei punti dovrà essere effettuato il rilievo freatimetrico, finalizzato a valutare nel dettaglio l'area di cattura della barriera ed arricchire il set di dati a disposizione.

Al fine di ottenere dati significativi e non influenzati da possibili eventi metereologici, il rilievo piezometrico sarà effettuato in un arco di tempo minimo (2-3 giorni) in modo da poter risultare rappresentativo della reale morfologia dei livelli acquiferi di interesse.

Tutte le misure di livello eseguite saranno riferite al bocca pozzo e saranno riportate su di un'apposita scheda con le eventuali annotazioni.

I rilievi effettuati verranno poi elaborati mediante il calcolo delle quote assolute dei livelli piezometrici in metri sul livello medio del mare, al fine della ricostruzione della morfologia piezometrica degli acquiferi di interesse.



REPORT DEI MONITORAGGI

Con cadenza semestrale saranno elaborati e consegnati agli enti di controllo appositi report di sintesi delle attività di monitoraggio svolte.

Tali report conterranno almeno la seguente documentazione:

- Descrizione delle attività di campionamento effettuate;
- Tabelle di sintesi dei dati chimici e freaticometrici;
- Elaborazione dei dati freaticometrici e restituzione di mappe freaticometriche;
- Elaborazione di trend dei parametri chimici significativi mediante grafici;
- Elaborazione di mappe di isoconcentrazione dei parametri chimici significativi.

19.13 Gestione dei rifiuti prodotti dalle attività di cantiere

Il materiale di risulta dalle attività realizzazione delle opere di bonifica sarà stoccato all'interno dell'area di cantiere (individuata in ALLEGATO IV) e sottoposto a caratterizzazione per accertarne le modalità gestionali prima dell'avvio del rifiuto ad impianto, come prescritto dalle vigenti norme in materia.

In particolare si prevede la caratterizzazione e lo smaltimento di:

- acque di spurgo dai pozzi di nuova costruzione
- materiali terrigeni di risulta dalle perforazioni
- cassette catalogatrici

Questi saranno gestiti secondo le modalità di seguito descritte.

19.13.1 Materiali terrigeni di risulta dalle operazioni di perforazione

Questi potranno essere gestiti – in relazione ai risultati delle risultanze analitiche di seguito dettagliate – come rifiuti speciali non pericolosi o pericolosi codificabili come 17.05.04 (terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 170503) o come 17.05.03* (terra e rocce, contenenti sostanze pericolose). Le carote, inizialmente stoccate all'interno di apposite cassette catalogatrici, così come eventuali altri materiali terrigeni di risulta dalle perforazioni, saranno trasferite in big bags stoccati nell'area di deposito centrale (cfr. Figura 37) e, da qui, si provvederà ad effettuare un campione medio composito da sottoporre alle determinazioni analitiche seguenti:

- caratterizzazione del rifiuto ai sensi del D.Lgs. 152/06;
- verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del DM 27/9/2010.

In relazione alle determinazioni analitiche i rifiuti saranno avviati – accompagnati da FIR – ad impianto per lo smaltimento dei rifiuti ai sensi delle norme vigenti.



In relazione a una ipotetica produzione stimata in base al numero, diametro e profondità dei piezometri/pozzi, si prevede la formazione di n.1 campione medio della totalità dei materiali prodotti.

19.13.2 Acque di spurgo dai pozzi e piezometri ambientali

Queste saranno gestite – in relazione ai risultati delle analisi – come rifiuti speciali non pericolosi o pericolosi codificabili come 19.13.08 (rifiuti liquidi acquosi e concentrati acquosi prodotti dalle operazioni di risanamento delle acque di falda, non pericolose) o come 19.13.07* (rifiuti solidi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, contenenti sostanze pericolose).

Le acque di spurgo saranno raccolte in bulk della capienza massima di 1 mc e stoccate nella rispettiva area dedicata all'interno del cantiere, dopodiché si provvederà ad effettuare un campione medio composito da sottoporre alle determinazioni analitiche seguenti:

- caratterizzazione del rifiuto ai sensi del D.Lgs. 152/06;
- verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del DM 27/9/2010.

A seguito dell'ottenimento delle risultanze analitiche di laboratorio, le acque verranno avviate a conferimento presso l'impianto di trattamento di Scarlino Energia.

L'impianto di Scarlino Energia risulta infatti autorizzato a ricevere sia il codice CER 19.13.07* che il codice 19.13.08 (aut. Det. Dir. N° 2988 del 24/10/2012).

19.13.3 Cassette catalogatrici

Queste potranno essere gestite – in relazione ai risultati delle risultanze analitiche di seguito dettagliate – come rifiuti speciali non pericolosi o pericolosi codificabili come 17.02.03 (plastica) o 17.02.04* (vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati), a seguito delle seguenti determinazioni di laboratorio:

- caratterizzazione del rifiuto ai sensi del D.Lgs. 152/06;
- verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del DM 27/9/2010.

In relazione alle determinazioni analitiche i rifiuti saranno avviati – accompagnati da FIR – ad impianto per lo smaltimento dei rifiuti ai sensi delle norme vigenti.

19.14 Accortezze in fase di cantiere

In considerazione dell'ubicazione del sito, delle sue caratteristiche specifiche, del contesto ambientale entro cui è inserito, si sottolinea che dovrà essere posta particolare cura nella minimizzazione dell'impatto ambientale generato dalle attività di cantiere.

In particolare, dovrà essere posta cura nei seguenti aspetti:

- ✓ minimizzazione/limitazione dei rumori;



- ✓ controllo polveri (ad es. mediante l'aspersione manuale con getti d'acqua dei mezzi in ingresso e uscita dal cantiere o durante le operazioni movimentazione residui di perforazione, qualora le condizioni meteorologiche lo rendessero necessario);
- ✓ attenzione nelle manovre in prossimità degli alberi ad alto fusto e/o di tralicci/pali, al fine di evitarne possibili urti e conseguenti danneggiamenti;
- ✓ controllo delle interferenze: verifica della compatibilità nella conduzione del cantiere con le attività industriali e/o agricole.

19.15 Logistica degli interventi

Nel presente paragrafo vengono fornite le indicazioni necessarie alla modalità di esecuzione delle attività in termini di personale, mezzi d'opera e relative produttività; approvvigionamento e gestione dei materiali in ingresso al cantiere e dei materiali di riutilizzo nonché sistemi di contenimento di polveri e rumore.

19.15.1 Personale e mezzi d'opera

Per lo svolgimento delle attività descritte nel presente progetto verranno utilizzati i mezzi d'opera e il personale specializzato di seguito elencato:

- mini-escavatore gommato;
- sonde per costruzione pozzi
- personale addetto alla conduzione e gestione dei mezzi;
- personale specializzato a terra per la costruzione pozzi, manutenzione del cantiere e realizzazione collegamenti idraulici ed elettrici

19.15.2 Approvvigionamento e gestione materiali in ingresso

Per la realizzazione degli interventi previsti saranno necessari i seguenti materiali:

- tubazioni in PVC (pozzi);
- tubazioni in PE (rete collegamento);
- valvolame, contaltri, rubinetti di presa e raccordi vari;
- materiale elettrico vario (quadri, cavi, sonde, etc.)
- elettropompe sommerse

19.15.3 Produttività

Data la modesta entità delle lavorazioni (costruzione barriera idraulica, sistema di collegamento e nuovi piezometri di controllo) si rimanda alla stima delle tempistiche lavorative riportata in ALLEGATO VIII.



Secondo una prima stima di massima, si considera per la realizzazione dell'intero intervento un tempo necessario di circa 6 mesi lavorativi, a meno di imprevisti geologici che potranno eventualmente essere riscontrati in fase di perforazione, e che dovranno essere valutati caso per caso.

19.15.4 Sistemi di contenimento delle emissioni: rumore, polvere

Anche se la natura stessa delle lavorazioni si presume possa determinare una produzione irrisoria di polveri, durante le lavorazioni sarà comunque posta attenzione al contenimento delle eventuali particelle aerodisperse.

Per la matrice ambientale rumore non si ritiene necessario predisporre particolari interventi mitigatori volti a limitare le normali emissioni sonore dei mezzi d'opera, anche se la stessa D.L. potrà eventualmente richiedere all'impresa una valutazione previsionale di impatto acustico redatta da tecnico qualificato grazie alla quale sarà possibile individuare la necessità o meno di una richiesta di deroga per il superamento dei valori di immissione di rumore nell'ambiente circostante.



20. FASE II: LINEE GENERALI

Il presente capitolo propone una serie attività, cronologicamente conseguenti agli interventi descritti nei capitoli precedenti (fase I) da realizzarsi nel medio-lungo periodo, mirate al miglioramento delle condizioni idrogeochimiche delle acque della piana di Scarlino.

Tali attività dovranno essere oggetto di un ulteriore step progettuale di dettaglio (es.: "progetto operativo di bonifica - fase II"), che potrebbe essere realizzato sia parallelamente alla realizzazione delle attività di cui alla fase I, oppure potrebbe avvalersi proprio dei dati e dei monitoraggi messi in opera in tale prima fase per poter calibrare meglio gli interventi in progetto.

Rimandando qualsiasi dettaglio allo sviluppo futuro di tale fase progettuale, di seguito si fornisce comunque una sintesi delle azioni a medio/lungo termine che appare importante intraprendere.

20.1 *Censimento di dettaglio di tutti i pozzi presenti nella piana utilizzati a scopo industriale ed irriguo*

Il censimento di dettaglio permetterà di avere un quadro completo relativo ai pozzi presenti nella piana, in modo tale da poter realizzare gli interventi delle fasi successive.

L'attività dovrà prevedere una parte di ricerca e collezione di tutti i dati storici reperibili, seguita da una serie di attività di campo, tra cui:

- rilievi fotografici;
- posizionamento pozzi censiti su base cartografica e/o ortofotocarta, se non segnalati;
- collezione eventuali caratteristiche costruttive, analisi svolte, notizie e dati relativi ad essi;
- prima integrazione del database di cui alla fase I;
- segnalazione numero e portata dei pozzi in pompaggio.

20.2 *Esecuzione di video ispezione pozzi*

Verrà effettuata sulla scorta delle informazioni reperite nella fase precedentemente descritta sui pozzi di cui non risultano note le caratteristiche costruttive. Questo poiché potrebbero risultare veicoli della contaminazione dai livelli acquiferi superficiali verso quelli profondi. Una volta realizzata la soprastante attività di censimento, la video ispezione sarà mirata a raccogliere tutti i dati utili possibili relativi alle caratteristiche costruttive di quelli senza informazioni pregresse. Ciò sarà di fondamentale importanza sia per l'integrazione di questi all'interno del database realizzato con il presente progetto, sia per lo sviluppo delle attività successive.

20.3 *Individuazione e chiusura mineraria dei pozzi con caratteristiche costruttive non idonee*

Una volta individuati i pozzi con caratteristiche non idonee (es.: pozzi con interconnessione tra le falde mediante fenestrature non selettive realizzate in passato), e quelli per i quali è stata in passato emessa



Ordinanza Sindacale di arresto dei pompaggi, dovrà esserne predisposta e portata a termine la loro chiusura mineraria, al fine di evitare il perpetrarsi nel tempo di possibili criticità, tra cui il fatto principale per cui potrebbero costituire veicoli della contaminazione dai livelli acquiferi superficiali verso quelli profondi.

Tale attività risulterà fondamentale al fine di arrestare gli eventuali processi di *cross-contamination*, e potrà verosimilmente costituire una miglioria dell'intervento di bonifica.

20.4 Realizzazione di nuovi pozzi con criteri che permettano la separazione certa dei differenti livelli acquiferi intercettati

Nel caso in cui la chiusura mineraria dei pozzi di cui sopra crei un danno (es. chiusura di un pozzo necessario per l'irrigazione agricola), al fine di evitare di procurare un danno alle attività che sfruttavano tali pozzi (es. attività agricole o industriali), ne saranno realizzati di nuovi, in sostituzione di quelli appena chiusi, adottando criteri stringenti che garantiscano la separazione dei livelli acquiferi.

20.5 Realizzazione di eventuali interventi di accelerazione dei processi di bonifica della falda

In base ai risultati delle nuove campagne di monitoraggio idrochimico, potranno eventualmente essere progettati i seguenti interventi:

- risanamento della falda 2 (se verificata la necessità) mediante azioni correttive e/o implementazione di tecnologie ad hoc (es.: sistema di pump&treat mirato alla sola falda 2, eventualmente localizzato in punti critici);
- integrazione della barriera di cui alla fase I (mediante nuovi pozzi, collettati alla barriera esistente);
- incremento della resa del sistema di pump&treat posto in essere nella fase 1, mediante l'aggiunta di nuovi stadi all'unità di trattamento, o incremento delle portate di pompaggio, o redistribuzione entro la rete in essere;
- accelerazione dei processi di bonifica mediante l'implementazione di una o più tecnologie a supporto di quella in opera, come ad esempio l'individuazione e l'utilizzo di una rete di pozzi (esistenti o da realizzare ad hoc) di iniezione di reagenti in falda (es.: permanganato) utili all'abbattimento dei contaminanti di interesse. Tali processi potranno essere previamente oggetto di prove e test pilota sia di laboratorio che direttamente su campo a scala ridotta.

20.6 Gestione dell'ingressione del cuneo salino

In relazione ai dati ricavati in fase I, si potranno prevedere azioni mitigatrici o con effetto di regressione del cuneo salino, sia sulla falda 1 che sulla 2. Tali azioni potrebbero, in prima istanza configurarsi come una o più delle seguenti:

- **realizzazione di una barriera di reimmissione acque trattate in falda, a valle idrogeologica delle opere di captazione;**
- **riduzione delle portate di pompaggio dei pozzi ad uso industriale e/o irriguo;**
- **rimodulazione delle portate dei pozzi in pompaggio, inclusi quelli della barriera di nuova realizzazione.**