

Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Adriatico Centro Settentrionale

**APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,  
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI, NUOVO  
TERMINAL IN PENISOLA TRATTATOLI E RIUTILIZZO DEL  
MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE AL P.R.P. VIGENTE 2007  
I FASE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

OGGETTO

**COMPATIBILITA' SITO DI DESTINAZIONE  
LOGISTICA 1**

FILE

1114.SED.F - CompLogistica1

CODICE

1114.SED.F

SCALA

Rev.	Data	Causale
0	Set. 2014	Emissione
1	Set. 2017	Revisione generale
2		
3		

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL  
MARE ADRIATICO CENTRO SETTENTRIONALE

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
IL DIRETTORE TECNICO

(Ing. Fabio Maletti)



MINISTERO INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER  
LE OPERE PUBBLICHE PER LA LOMBARDIA  
E L'EMILIA ROMAGNA

IL RESPONSABILE DELLA REVISIONE  
DELLA PROGETTAZIONE

(Ing. Francesco Caldani)



IL DIRIGENTE DI RIFERIMENTO PER L'ATTIVITÀ  
CLAUDIO MICCOLI

	TIPO	ANNO	NUMERO
REG.	/	/	/
DEL	/	/	/

## RELAZIONE INTEGRATIVA RELATIVA ALL'INTERVENTO DI RIQUOTATURA DI ALCUNE AREE DI PROPRIETÀ SAPIR SPA UBICATE TRA LE VIE TRIESTE E CLASSICANA IN COMUNE DI RAVENNA

La Sapis S.p.A. è proprietaria di terreni in ambito portuale che gli strumenti urbanistici Comunali e Portuali hanno destinato ad interventi legati alla "logistica", una infrastrutturazione fondamentale per lo sviluppo delle intere attività portuali.

I terreni in parola sono inseriti in un contesto fisiografico che negli ultimi 40 anni è stato caratterizzato dal fenomeno antropico della subsidenza (da non confondersi con quella naturale che può "pesare" al massimo per 2 mm/anno) che ha operato in modo non uniforme sul territorio e che ha purtroppo avuto in questa area uno degli areali di massima intensità, valutabile nell'ordine di 1,50 ml.

Via dei Mille 21  
40121 Bologna

tel 051.527.6886  
fax 051.527.6991

E-mail: [dgambsegr@regione.emilia-romagna.it](mailto:dgambsegr@regione.emilia-romagna.it)  
[www.regione.emilia-romagna.it](http://www.regione.emilia-romagna.it)

Va da sé che questo dato unito alla particolare vicinanza di questa area al mare, hanno precostituito le condizioni per lo sviluppo del fenomeno dell'intrusione marina nella falda freatica che, in effetti, mostra dai dati bibliografici recuperati, dei valori di conducibilità elettrica molto vicini a quelli dell'acqua marina .

Dai più recenti rilievi topografici risulta in effetti che i terreni posti in questo comparto e fino alla pineta costiera sono posti a livello pari o al di sotto di quello del medio mare, e tale situazione risulta ancora più compromessa se si valuta la presenza di un elemento di intrusione delle acque salate costituito dalla piallassa dei Piomboni .

Questo assetto topografico, e ancora di più geomorfologico, ha causato nel passato molti problemi culminati anche con esondazioni della valle che hanno prodotto allagamenti di acqua salata sui terreni agricoli, minandone in modo drammatico la fertilità .

Sono noti i dati dei terreni posti subito ad est della zona interessata dalla riquotatura, che mostrano una presenza di Cloruri molto alta e sistematicamente superiore ai livelli previsti dal D.M. n°186 del 5/4/2006 all.3 ( 200 mg/l ) come limite per i

terreni da riporto, cioè il terreno "vergine ed in posto" ha di per se stesso dei valori base superiori ai limiti di legge .

L'intero comprensorio, per potere essere utilizzabile in qualche modo a fini agricoli e per potere essere scolato in caso di pioggia ( altrimenti si genererebbe ogni volta uno specchio vallivo ) è soggetto all'azione di un imponente sistema di bonifica che tiene abbassata la superficie freatica .

Questa azione, indispensabile per garantire la sicurezza idraulica e quella agronomica, produce però anche degli effetti negativi che hanno il punto apicale nel richiamo sistematico di acqua salata in superficie e all'interno del territorio e ciò produce nella zona la salinizzazione della falda freatica che risulta totale nel comparto che va dalla pineta costiera fino ad 1 km ad ovest del canale Marini, per poi ridursi leggermente e progressivamente man mano si procede verso ovest.

La zona oggetto dell'intervento Sapis è ubicata proprio al limite della prima zona ed è pertanto da ritenersi caratterizzata da una pressoché totale salinizzazione della falda .

Dal punto di vista stratigrafico, come si evince da due recenti studi prodotti dal Dr. Geologo Angelo Angeli, l'area è caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di terreni

argilloso-limoso di spessore variabile da 1,50 a 2,30 ml che sono il frutto di depositi alluvionali avvenuti all'interno delle depressioni interdunali che caratterizzavano in periodo Olocenico questo territorio .

Al di sotto compaiono con buono spessore dei depositi sabbiosi che costituivano le spiagge di quel periodo e all'interno delle quali è presente la falda freatica, talora anche in leggerissima pressione proprio per effetto della presenza di una alternanza di depressioni ed innalzamenti che sono tipici di un ambiente così fortemente rimodellato dagli elementi naturali .

Questi limi-argillosi sono anche caratterizzati dalla presenza di notevoli quantità di sostanza organica spesso indecomposta, situazione questa che causa una alterazione di alcuni parametri chimici legata appunto alla presenza di questi livelletti torbosi .

Considerato questo quadro di riferimento appare evidente che le considerazioni svolte sulle aree di Lido Adriano e che hanno portato a concludere che in quella zona non appare necessario mantenere come riferimento per interventi di riquotatura i parametri del già citato D.M. , sono estendibili anche alla zona in oggetto per la quale la concentrazione di Cloruri e Solfati è un parametro che non assume valore assoluto essendo già il dato di partenza di per se stesso superiore nella quasi totalità dei casi ai parametri di legge, ancorchè per le attività antropiche messe in

campo dall'uomo in periodi in cui la tutela del territorio e della risorsa idrica erano elemento assolutamente irrilevante a fronte di uno sviluppo nei confronti del quale tutto si doveva flettere .

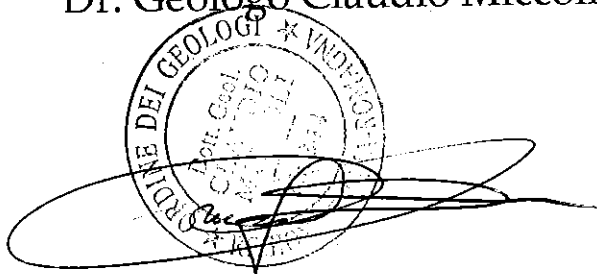
Una ultima considerazione corre l'obbligo di farla volendo porre l'attenzione sull'aspetto positivo che consegue ad un tale intervento, che se non eseguito con questi materiali deve essere inevitabilmente realizzato utilizzando materiali provenienti da cava .

Non si vuole qui entrare negli aspetti economici dell'operazione, ma si vuole porre l'accento sul fatto che non risulta neanche utile incentivare l'utilizzo di preziosi materiali di cava per tali interventi considerando che le cave, oggetto di apposita programmazione Provinciale e Comunale, sono di per se stesse delle ferite sul territorio accettate solo per necessità di sviluppo ma commisurate alle reali necessità tra le quali non sembrano comparire tali importanti interventi di riquotatura.

Ma andando oltre, queste cave ( e soprattutto quelle ubicate all'interno della linea dei depositi costieri e cioè quasi tutte quelle del Comune di Ravenna ) nel loro sviluppo, operando in falda, producono inevitabilmente una miscelazione della stratificazione idrochimica dell'acquifero superficiale andando ad implementare quel fenomeno di salinizzazione di cui si è ampiamente trattato .

Queste ultime valutazioni vanno nella direzione di una riduzione indiretta dell'impatto di un intervento di riquotatura così come proposto e in corso di realizzazione da parte di Sapir S.p.A.

Dr. Geologo Claudio Miccoli







## Premessa

Il Piano Regolatore Portuale del porto di Ravenna, redatto a cura della competente Autorità portuale, prevede che per realizzare i fondali necessari a rendere fruibile il porto stesso ai traffici commerciali sia necessario scavare circa 10/11 milioni di metri cubi di sedimenti .

Una dimensione evidentemente significativa che mette in gioco, inevitabilmente, la necessità di potere smaltire questi volumi in modo diversificato creando tutte le possibili sinergie con le esigenze evidenziate dal nostro territorio e mettendo in campo tutti i necessari ed approfonditi controlli nel rispetto di tutte le vigenti normative del settore .

Il porto di Ravenna è attrezzato con casse di colmata che attualmente garantiscono lo stoccaggio temporaneo di circa 1.000.000 di mc. di sedimenti e che in un processo tecnico di gestione e rotazione delle stesse garantiscono già una buona risposta al problema, ed inoltre rimane disponibile, ma come intervento spot (visto che subito dopo vi si dovrà costruire sopra), la parte terminale della penisola Trattaroli ove è stato posizionato il terminal container che necessiterà di una messa in quota per la quale si prevede un utilizzo di circa 2.000.000 di mc. di materiale .

Altre possibilità di utilizzo sono quella del ripascimento costiero, a cui dedicare ovviamente i sedimenti "migliori" anche per granulometria, ma che i recenti interventi sperimentali hanno dimostrato essere realizzabili con successo anche utilizzando sedimenti più fini, compatibili con quelle parti della spiaggia sommersa che rivestono una fondamentale importanza per la stabilità complessiva del sistema di spiaggia .

Altro possibile utilizzo è poi quello relativo alla riquotatura del piano campagna

nelle zone in cui gli strumenti urbanistici prevedono una destinazione edificatoria e che hanno un piano di campagna significativamente inferiore a quello previsto dalle norme urbanistiche .

Anche in questo ultimo caso si deve rimarcare la unicità delle caratteristiche morfologiche del territorio del Comune di Ravenna che dagli anni successivi al 1960 è stato soggetto al fenomeno della subsidenza che ha marcatamente alterato un assetto morfologico disegnato dal progressivo avanzare della linea di riva per effetto del trasporto solido fluviale e di quello costiero .

Importanti porzioni del territorio comunale ( il secondo per estensione a livello nazionale con i suoi circa 670 kmq ) pari a circa il 20% del complessivo sono pari o al di sotto del livello medio marino creando una situazione di rischio idrogeologico ma anche una situazione di grave difficoltà nello smaltimento delle acque meteoriche che debbono essere allontanate artificialmente tramite un imponente sistema di impianti di sollevamento a cui è peraltro deputato anche il compito di garantire la coltivabilità dei terreni agricoli mantenendo alla quota desiderata la superficie freatica.

In questo quadro si inserisce l'intervento previsto dalla SAPIR S.p.A. che prevede di utilizzare terreni che da tempo sono depositati all'interno di una cassa di colmata in area Trattaroli, per una serie di interventi di riquotatura di terreno edificabili ubicati nella vicina località di Lido Adriano .

Interesse della Regione Emilia-Romagna è che trovi attuazione il Piano regolatore del porto di Ravenna e che, nel rispetto della vigente normativa relativa al riutilizzo dei sedimenti provenienti da operazioni di dragaggio, si attivino sinergie che possano portare all'utilizzo a fini di ripascimento della costa quella parte di sedimenti valutati come idonei allo scopo .

Appare evidente che questa azione risulta assolutamente virtuosa sia per gli aspetti ambientali che per quelli economici ed agisce nel solco tracciato con l'approvazione nel recente passato del G.I.Z.C. ponendo in rete interventi diversi ma che agiscono poi tutti assieme in modo positivo sul complessivo sistema della gestione integrata della costa, azione su cui la Regione Emilia-Romagna ha puntato in modo strategico e su cui intende proseguire per ottenere quei risultati di lungo periodo che risultano

essere gli unici da perseguire per portare a soluzione un tema su cui si gioca il futuro di una delle parti più importanti del territorio regionale e quella che da più parti è oramai definita la più importante azienda produttiva dell'intero sistema regionale .

Lo studio in parola si è articolato mediante sopralluoghi, raccolta di elementi bibliografici a carattere nazionale ed internazionale, l'esecuzione a cura della SAPIR S.p.A. di n°15 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di circa 10 ml durante i quali sono stati prelevati campioni di terreno all'interno del primo metro e cinquanta cm. e anche campioni di acqua di falda in corrispondenza dello specchio di falda, analisi di laboratorio per la determinazione del contenuto in cloruri, solfati e C.O.D., una serie di sondaggi superficiali con pala meccanica per il prelievo di altri campioni di terreno su cui sono poi state eseguite le medesime determinazioni di cui sopra .

Inoltre, sul tema della salinizzazione dei terreni e dell'intrusione del cuneo salino, è stato aperto da tempo un tavolo di confronto e di collaborazione con l'Università di Bologna facoltà di Scienze Ambientali di Ravenna per cui questo studio ha fatto proprie le valutazioni scaturite dalle ricerche prodotte da questa facoltà e che in alcuni casi sono da ritenersi ancora inedite .

Il quadro di riferimento idrogeologico è però quello definito con precisione dagli autori citati e rappresenta il frutto di verifiche puntuali, ripetute e precise ed oramai ritenute un punto fermo dalla comunità scientifica .

Da questo aspetto sono pertanto partite le successive valutazioni dello scrivente, frutto pertanto di un approfondimento locale le cui risultanze verranno poi passate all'Università al fine di arricchire il quadro conoscitivo della situazione locale .

Le indagini a corredo dello studio sono state eseguite nei primi giorni del mese di Giugno, cioè in corrispondenza di un ciclo meteorologico particolarmente ricco di precipitazioni piovose, per cui le determinazioni di laboratorio hanno rappresentato uno scenario di grande tutela nei confronti delle valutazioni di compatibilità in relazione alla presenza di cloruri, in quanto il terreno superficiale e la prima falda risultavano il primo assolutamente imbibito (tanto da causare molte difficoltà all'accesso dei mezzi) e la seconda ad una quota molto alta rispetto ai dati storici riferentesi a questo periodo dell'anno .

## Esecuzione delle indagini

Come riportato in premessa dopo avere acquisito il quadro generale della situazione idrogeologica locale e del modello fisico relativo al fenomeno della intrusione del cuneo salino nella prima falda, tenendo conto della distribuzione dei terreni oggetto del progettato intervento di riquotatura, sono stati ubicati e realizzati n°15 sondaggi spinti fino alla profondità di circa 10,00 ml e realizzati con la tecnica del carotaggio continuo del diametro di 100 mm .

In allegato vengono riportate le stratigrafie che evidenziano la successione litostratigrafica ricavata dai sondaggi ed il report fotografico relativo alle carote prelevate .

Come già riportato, i campioni di terreno prelevati ( ogni sondaggio un campione da -0,30 a -0,60 ml. e un campione da -1,00 a - 1,30 ml . ), sono poi stati sottoposti ad analisi di laboratorio presso la struttura C.R.S.A. Med Ingegneria srl di Marina di Ravenna per valutare il contenuto percentuale in Cloruri, Solfati e C.O.D. in eluati da test di cessione .

I carotaggi sono stati eseguiti senza l'utilizzo di sostanze additive per favorire l'avanzamento ( fanghi , polimeri ecc ) in modo da evitare contaminazioni sui campioni prelevati .

Questi poi sono stati prelevati a secco con l'ausilio di fustella tipo Shelby, privilegiando così l'aspetto della preservazione da ogni tipo di contatto rispetto agli aspetti di manomissione dei parametri geotecnici, che in questa indagine non rivestono alcun interesse specifico .

Il report fotografico è stato voluto per fornire anche la percezione visiva della successione litostratigrafica la cui correlazione spaziale conferma poi con puntualità il quadro individuato da tutti gli studi eseguiti nel recente passato, e talora ancora in corso, dalla facoltà di Scienze Ambientali di Ravenna .

Con apposito campionatore, in ogni foro di sondaggio quando durante la perforazione veniva intercettata la superficie freatica, è stato prelevato un campione di acqua che è stato inserito in un apposito contenitore, sigillato, identificato, e successivamente inviato al laboratorio di cui sopra per le analisi di laboratorio che, come detto, sono state finalizzate alla verifica della concentrazione in cloruri, a quella dei solfati e al C.O.D. .

In allegato è ovviamente presente anche una planimetria estratta da foto satellitare, su cui è riportata l'ubicazione dei sondaggi eseguiti, e dalla quali si evince che tale distribuzione è stata organizzata tenendo conto sia dei siti in cui è prevista la ricollocazione a fini di riquotatura dei sedimenti provenienti dalla casse di colmata, sia della definizione complessiva delle caratteristiche dell'intero comparto di Lido Adriano .

### Modello idrogeologico di riferimento

Per potere inquadrare correttamente e compiutamente il problema è necessario tenere conto della ricostruzione paleo ambientale dell'area di studio, situazione questa che influenza in modo determinante anche l'assetto idrogeologico ( sopra tutto del primo substrato ), a sua volta ulteriormente influenzato e governato dalle azioni antropiche .

In allegato si riportano alcuni schemi generali ricavati dalla bibliografia ufficiale ( Antonellini Marco, Gabbianelli Giovanni, Laghi Mario, Mollema Pauline, Cassani Gabriele, Zani Oscar ), da cui si può ricavare con facilità che all'interno di un assetto geologico che varia sia in senso Nord/Sud che Est/Ovest, la zona di Lido Adriano è caratterizzata dalla presenza, dalla superficie fino alla profondità di interesse, di sabbie fini a cui si alternano poi dei livelli di peliti talora ad elevato contenuto di sostanza organica .

Questa configurazione litostratigrafica è ovviamente la derivata di un rimodellamento legato alla naturale evoluzione ambientale a cui, negli ultimi 60 anni, si è aggiunta ( o per meglio dire moltiplicata ) l'azione antropica dell'uomo che ha prodotto rimodellamenti del territorio pesantissimi e rapidissimi che, in taluni casi sono peraltro ancora in atto o i cui effetti, nel migliore dei casi, tendono a decrescere in modo asintotico .

Lo spianamento a fini edilizi dei cordoni dunosi o la loro distruzione per effetto dell'erosione del mare, lo spianamento delle ondulazioni morfologiche per migliorare la coltivabilità dei terreni, l'azione potente e continua del sistema di bonifica finalizzato all'abbattimento della superficie freatica per garantire il franco di

coltivazione, l'apertura e la coltivazione di cave che hanno prodotto la totale asportazione del pacchetto permeabile sede di acquifero producendo l'interruzione della continuità idrogeologica e la miscelazione idrochimica del cuneo salino marino con la falda freatica dolce, sono alcuni degli aspetti di un unico atto complessivo di

alterazione del sistema geologico che aveva realizzato un preciso equilibrio tra tutte le varie componenti ambientali, tra le quali ovviamente anche, anzi prioritariamente, l'assetto idrogeologico da cui dipende poi la configurazione dell'aspetto vegetazionale del territorio .

In condizioni " non disturbate " l'acquifero freatico continentale ( acqua dolce ) deve avere la capacità di abbattere il cuneo salino sulla base di due condizioni delle quali la prima è la capacità di stratificazione idrochimica dovuta al diverso peso specifico tra acqua dolce e salata, mentre la seconda è legata all'alimentazione dell'acquifero freatico che garantisce una capacità di deflusso verso valle ( cioè il mare ) e quindi un adeguato spessore di acqua dolce su quella salata .

Un particolare effetto è poi connesso ai cordoni dunosi che hanno capacità di immagazzinamento idrogeologico e determinano anche un sorta di spartiacque legato alle loro particolari caratteristiche sedimentologiche ( deposito eolico per cui molto classato e con disposizione monodirezionale dei sedimenti, peraltro molto fini, in modo da ridurre la permeabilità complessiva ) oltre ad assumere anche una funzione alimentante .

In questo quadro generale ( e ovviamente teorico ) si inserisce la situazione generale della fascia costiera Ravennate e quella più in particolare della zona di Lido Adriano oggetto della presente indagine .

Come detto in premessa, per ottenere la migliore risoluzione del problema ci si è basati principalmente sul rapporto esistente con la Facoltà di Scienze Ambientali di Ravenna, che da tempo studia il problema della salinizzazione della falda e dei terreni nella fascia costiera, situazione questa che viene oramai presa come un dato di fatto incontrovertibile verso cui è necessario peraltro cercare di porre dei rimedi ma che, ad oggi e per un certo lasso di tempo ancora, rappresenterà purtroppo una situazione con la quale è necessario confrontarsi .

Di seguito si riporteranno alcuni elementi relativi a studi, anche inediti, relativi al problema dell'intrusione salina, ma prima sembra utile rammentare, riassumendole, le cause di natura antropica che generano o acuiscono il fenomeno dell'intrusione

salina :

1. eliminazione o abbassamento delle dune costiere ;
2. drenaggio, a diverso titolo, della falda ;
3. subsidenza ;
4. ricarica insufficiente dell'acquifero freatico ;
5. diffusione di acque saline dal fondo ;
6. mancanza di cospicui gradienti idraulici verso mare ;
7. risalita di acqua salata lungo i fiumi che sfociano a mare ;
8. deterioramento dei sistemi di regimazione idraulica ;
9. emungimento da pozzi freatici ;
10. innalzamento del livello marino e mutamenti del ciclo meteorologico .

Appare evidente, anche ad un primo e sommario esame, che la pressoché totalità di questi elementi caratterizzano la zona di Lido Adriano che quindi, per sua ubicazione, risulta interessata da un potente fenomeno di salinizzazione della falda freatica e dei terreni .

Come si può rilevare dallo scema allegato che si riferisce ad un recentissimo studio, nella zona di studio ( identificata dal transetto P6P6 ) si nota la presenza di zone ad assenza di acqua dolce a cui si alternano ( nell'andamento est/ovest ) zone in cui è presente sull'acqua salata un certo spessore di acqua dolce, che però risulta molto scarso e soprattutto stagionale, cioè molto legato all'andamento pluviometrico sia durante l'arco temporale dell'anno, sia tra le diverse situazioni che caratterizzano l'estrema variabilità delle precipitazioni da un anno all'altro, il tutto peraltro in un trend generale di progressiva riduzione degli apporti meteorici e della loro concentrazione in eventi sempre più estremi .

In particolare il 2010 è stato sinora un anno particolarmente piovoso, tanto che già al mese di marzo si era registrata una cumulativa di circa 250 mm, che al mese di Giugno era poi arrivata a quasi il doppio, cioè all'incirca il quantitativo dell'intero 2009 .

Questa contingenza meteorologica ha però permesso di eseguire le verifiche ponendosi nelle condizioni ambientali più cautelative, visto che le abbondanti precipitazioni hanno prodotto il dilavamento e la pressoché totale saturazione dei terreni superficiali, al pari di un ravvenamento della falda freatica anomalo nel contesto della media decennale .



Lo studio in corso da parte della Facoltà di Scienze Ambientali di Ravenna ( Bruno Capaccioni e Umberto Resmi ), eseguito anche in perfetta corrispondenza con la zona oggetto di studio, si è basata sull'esecuzione di n° 11 sondaggi ubicati lungo un asse perpendicolare alla linea di riva e che iniziando dal cordone dunoso presente nella parte sud di Lido Adriano hanno poi raggiunto la parte di campagna retrostante sino alla distanza di circa 4 km dalla linea di riva .

Sono stati misurati sul terreno i valori di conducibilità, pH, temperatura saturazione di ossigeno e profondità dal piano di campagna della falda, mentre in laboratorio sono stati determinati, per tutti i campioni, i cationi principali  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ , e  $\text{Na}^{+}$  in spettrofotometria di assorbimento atomico, gli anioni  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  in cromatografia ionica e i carbonati  $\text{HCO}_3^{-}$  per titolazione acidimetrica .

In figura 2 sono riportati i valori di pH e TDS ( Totale dei Sali Disciolti ) rispetto alla distanza dalla linea di costa . Sovrapposto ad un generale abbassamento del TDS con la distanza si notano almeno due picchi di salinità a circa 1.000 e 2.250 ml dalla linea di costa, rispettivamente di 26 e 16 mg/l ( relativi a frazioni di acqua marina di 0.8 e 0.5 ) . I valori di pH mostrano invece una netta diminuzione nei primi 1.000 ml dalla linea di costa ( da valori di 8.2 a 6.4 ), con un " salto " di circa una unità di pH tra 250 e 500 ml .

In figura 3 sono riportati i valori residuali dei cationi fondamentali ( ovverosia la differenza tra i valori attesi da miscelazione acqua marina/acqua dolce e quelli realmente misurati ) ottenuti sui campioni prelevati lungo la sezione di studio .

Valori in " eccesso " o in " difetto " rispetto al calcolato forniscono indicazioni sulla dinamica dei processi in corso, ovverosia " salinizzazione " o " addolcimento " .

Nel caso di studio la fascia costiera di circa 1.000 ml di profondità mostra una situazione interpretabile come prodotto di processi di scambio cationico " in atto " ( quindi disequilibrio tra le acque interstiziali e il complesso di scambio cationico della matrice solida dell'acquifero ) . In dettaglio Na res mostra un passaggio graduale da valori positivi immediatamente a ridosso della spiaggia a valori negativi nel fianco interno del complesso dunale costiero . In perfetta discordanza di fase i valori del Ca

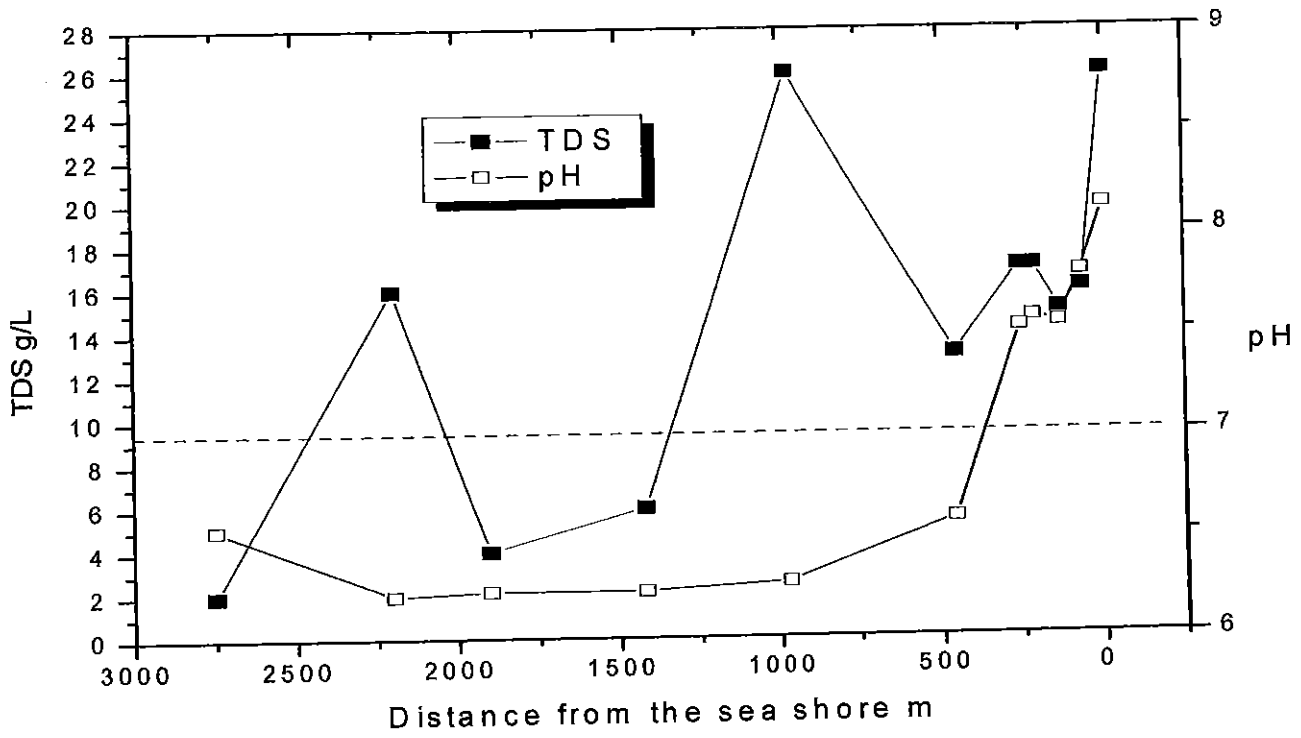


Fig. 2

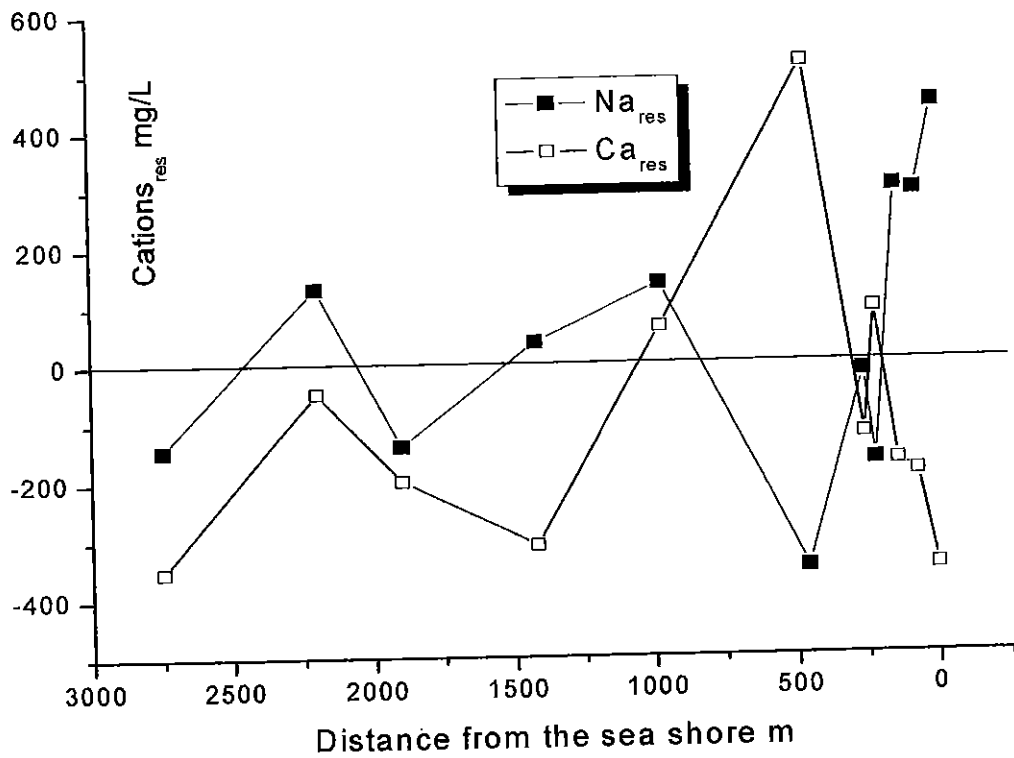


Fig. 3

res a ridosso del fianco esterno del complesso dunale costiero le acque presentano valori negativi che passano progressivamente a valori positivi nel fianco interno delle dune costiere .

Tali variazioni suggeriscono l'esistenza di processi di scambio cationico Ca/Na, quindi addolcimento in atto, nel fianco esterno passanti a Na/Ca, quindi salinizzazione, nel fianco interno . I dati raccolti suggeriscono una dinamica di salinizzazione in atto particolarmente importante che ha i suoi valori principali a partire dalla distanza di 500 ml dalla linea di costa, cioè nel pieno dell'area interessata dal presente studio .

In figura 4 sono riportati i valori di S.I. ( Saturation Index :  $\log IAP/K_{ps}$  ) per calcite e Dolomite . Da notare come all'interno della fascia dunale costiera le acque salmastre presentino condizioni di sovrassaturazione, in particolare per la Dolomite ( S.I. > 2 ), assolutamente simili a quelli di un acqua marina normale e come tali valori passino bruscamente a condizioni di saturazione per entrambe le fasi solide ( S.I. =0).

Tale passaggio potrebbe risultare da realizzazione di equilibrio acqua/roccia legato a precipitazione di carbonati o a variazione indipendente del pH . Nel primo caso l'abbassamento del pH risulterebbe da precipitazione di carbonati innescata da aumento dell'attività del  $Ca^{2+}$  dal parte del complesso di cationi scambiabili .

La figura 5 rappresenta una sezione topografica lungo l'asse analizzato dallo studio ed implementato dall'indagine dello scrivente, ed evidenzia anche l'andamento della superficie della falda libera . Sulla sezione è riportato un modello interpretativo preliminare con i possibili moti delle acque di falda tali da giustificare l'osservata alternanza spaziale di dinamiche di salinizzazione e addolcimento, con andamento trasversale alla linea di costa .

L'inquadramento sopra riportato evidenzia pertanto, per tutta l'area interessata dallo studio, un modello evolutivo ambientale che porta da tempo verso una salinizzazione costante e progressiva sia dei terreni che della falda freatica .

Degli elementi di natura antropica che causano il fenomeno dell'intrusione salina,

e riportati più sopra, è facile riconoscere per la zona costiera di Lido Adriano un pressoché totale affinità e cioè una serie di concause che vanno tutte nella stessa direzione .

Ad ulteriore supporto sono da evidenziare i dati di natura agronomica rilevati presso gli uffici pubblici competenti per materia e presso le Associazioni di categoria degli Agricoltori, che riportano per questa zona una “ resa agronomica “ molto bassa e che negli ultimi 10 anni ha addirittura reso necessario modificare la tipologia delle colture visto che la produzione cerealicola non copriva più neanche le spese di coltivazione, e che altre colture risultavano incompatibili proprio per l'accresciuta salinità dei terreni, o rendevano indispensabile una continua irrigazione dei terreni con aggravio dei costi e rischi legati ai periodi siccitosi in relazione alla disponibilità della risorsa idrica superficiale .

### **Intervento previsto**

Come riportato nel titolo della relazione, lo scopo di questa indagine è quella di verificare la compatibilità dei sedimenti ricavati da operazioni di dragaggio del Porto di Ravenna con interventi di riqualificazione del piano di campagna di aree che gli strumenti urbanistici hanno reso edificabili ma che è necessario portare ad una quota compatibile con le condizioni di sicurezza e fruibilità stabilite dagli stessi strumenti urbanistici attuativi e da quelli delle Autorità preposte al governo idrogeologico del territorio .

La SAPIR S.p.A., società a prevalente capitale pubblico, nei decenni ha acquisito un considerevole know how nella realizzazione e gestione delle casse di colmata e proprio da quest'ultimo aspetto deriva la possibilità di arrivare ad un "miglioramento qualitativo" dei sedimenti attraverso una mirata gestione degli stessi in relazione a quelli che sono statisticamente, ma non solo, i principali parametri ( cloruri ) che potrebbero creare problemi di compatibilità ambientale, pur essendo contenuti naturali, in relazione alla destinazione d'uso finale del sito indagato .

Per quanto riguarda poi la presenza di possibili contaminanti di origine antropica, questi dovranno essere compatibili con i limiti previsti dalla tabella 1 ( sia A che B ) colonna A dell'allegato 5 della parte 4° titolo 5° del D.L.G.S. n° 152/2006 .

La SAPIR, consapevole della necessità di "gestire" le casse di colmata nell'ottica di realizzare una rotazione del loro utilizzo, ha da tempo adottato un "protocollo tecnico di gestione" ( che si allega ) e che prevede la continua lavorazione dei materiali sedimentati all'interno delle casse di colmata .

Queste operazioni sono riassumibili in due aspetti fondamentali :

1. il drenaggio delle casse da ottenere mediante la realizzazione di canali interni che permettano ai sedimenti, per loro natura eterogenei granulometricamente per cui con permeabilità differenziate nelle diverse parti della cassa, di rilasciare molto più in fretta l'acqua contenuta e di rendere conseguentemente meglio e più rapidamente lavorabile il materiale ( accesso dei mezzi meccanici, palpabilità )

2. l'ossigenazione e pertanto l'ossidazione dei materiali con le conseguenze naturali dovute al fenomeno .

Altro aspetto del tutto naturale è quello legato alla progressiva riduzione della presenza dei cloruri a causa del dilavamento che questi terreni subiscono all'interno delle casse per effetto delle precipitazioni meteoriche . Infatti le analisi di laboratorio eseguite nel tempo sui medesimi terreni evidenziano un trend molto evidente che progressivamente avvicina di molto ( se non addirittura li colloca al di sotto ) questi valori di concentrazione dei Cloruri ai parametri di Legge ( 200 mg/l del DM 5/2/98 e successivamente 100 mg/l con il D.M. n°186 del 5/4/2006 all.3 ) .

In allegato sono all'uopo riportate le analisi di laboratorio eseguite su sedimenti dragati all'interno del porto e refluiti nelle casse di colmata, le verifiche di laboratorio mostrano un evidente ed incontrovertibile trend che porta la stragrande maggioranza dei sedimenti a valori di concentrazione in Cloruri e Solfati all'interno dei parametri di legge, mentre di contro gli sforamenti sono di entità non particolarmente alta e considerando il periodo meteo climatico che si è avuto successivamente al prelievo dei campioni è plausibile anche presupporre un ulteriore abbassamento delle concentrazioni .

Come poi riportato in precedenza, per quanto concerne la presenza di contaminazioni da idrocarburi, queste risultano assenti riconducendo il problema della compatibilità al solo caso dei Cloruri e dei Solfati .

## Conclusioni

Il presente studio, redatto dallo scrivente su autorizzazione della Direzione Generale Ambiente in forza della richiesta della SAPIR S.p.A., ha come scopo quello di valutare la compatibilità relativa all'utilizzo di sedimenti provenienti dal dragaggio del porto di Ravenna per un intervento di riquotatura di terreni ubicati nella località costiera di Lido Adriano e destinati dallo strumento urbanistico del Comune di Ravenna a fini edificatori residenziali e commerciali .

L'indagine, come riportato in precedenza, è stata articolata mediante :

- raccolta di materiale bibliografico,
- sopralluoghi,
- sondaggi a carotaggio continuo ;
- sondaggi con escavatore a braccio meccanico ;
- analisi di laboratorio finalizzate alla determinazione del contenuto in Cloruri, Solfati e C.O.D. ;
- valutazioni incrociate con la Facoltà di Scienze Ambientali di Ravenna .

Lo studio ha quindi preso in esame tre diversi aspetti :

1. il modello paleo ambientale ed idrogeologico della zona di studio ;
2. le risultanze delle indagini in sito e di laboratorio ;
3. le risultanze delle diverse analisi eseguite, in tempi diversi, sui sedimenti contenuti nelle casse di colmata e di cui si ipotizza il prelievo .

Partendo dall'ultimo aspetto si rileva che le modalità di gestione delle casse ha prodotto una modificazione sostanziale delle caratteristiche chimiche dei sedimenti che hanno mostrato una progressiva e marcata riduzione della concentrazione dei Cloruri e dei Solfati .

La modalità gestionale che prevede la realizzazione di canali interni alla massa dei sedimenti ha prodotto una notevole accelerazione del drenaggio, situazione questa che ha permesso l'accesso anticipato dei mezzi meccanici che hanno operato in modo da miscelare i sedimenti ed ottenere l'ossigenazione progressiva dell'intera massa refluita. La pioggia ha poi prodotto l'imbibizione degli stessi terreni con acqua dolce e quindi il progressivo abbattimento della concentrazione dei Cloruri e Solfati.

Lo studio paleo ambientale di questa fascia costiera e quindi del relativo assetto idrogeologico ha messo in luce, anche tramite tutta una serie di analisi di laboratorio e di incroci tra i diversi parametri, una situazione di progressiva salinizzazione sia dei terreni che, soprattutto, della falda freatica che è presente nel primo substrato caratterizzato da una certa dominanza di termini sabbiosi.

Questi studi, per alcuni aspetti ancora in corso e di cui nella presente relazione vengono riportate alcune parti ancora inedite, hanno definito in modo assolutamente inequivoco che in questa fascia costiera del Comune di Ravenna, caratterizzata da anni da diversi fenomeni antropici tutti negativi ed indirizzati verso la facilitazione dell'ingressione sotterranea dell'acqua marina, è in corso un fenomeno anche pesante di salinizzazione dei terreni ma, soprattutto, della falda freatica che subisce più di ogni altra componente fisica la contaminazione idrica.

Le indagini svolte da SAPIR S.p.A. su indicazione dello scrivente, hanno sostanzialmente confermato il quadro sopra descritto sia come inquadramento litostratigrafico ( vedasi le stratigrafie allegate ) sia come andamento delle concentrazioni dei Cloruri dei Solfati e del C.O.D. .

La zona indagata è caratterizzata pertanto da un fenomeno di salinizzazione che nel tempo ha alterato le caratteristiche chimiche sia dei terreni che, soprattutto, della falda freatica .

L'assetto morfologico di questa parte del territorio, posta sistematicamente alla quota del livello medio marino ma molto spesso anche pesantemente al di sotto, obbliga poi l'Ente preposto alla gestione del reticolo idraulico secondario ( Consorzio di Bonifica ) a mantenere abbassata artificialmente la quota freatica allo scopo di



garantire un franco di coltivazione, ma questo continuo stato di depressione artificiale produce ulteriore richiamo dell'acqua salata, oltre a produrre un evidente fenomeno di subsidenza superficiale che, a sua volta, produce un abbassamento della superficie topografica che obbliga ad ulteriore necessità di drenaggio, un classico effetto domino che si auto alimenta nella sua negatività .

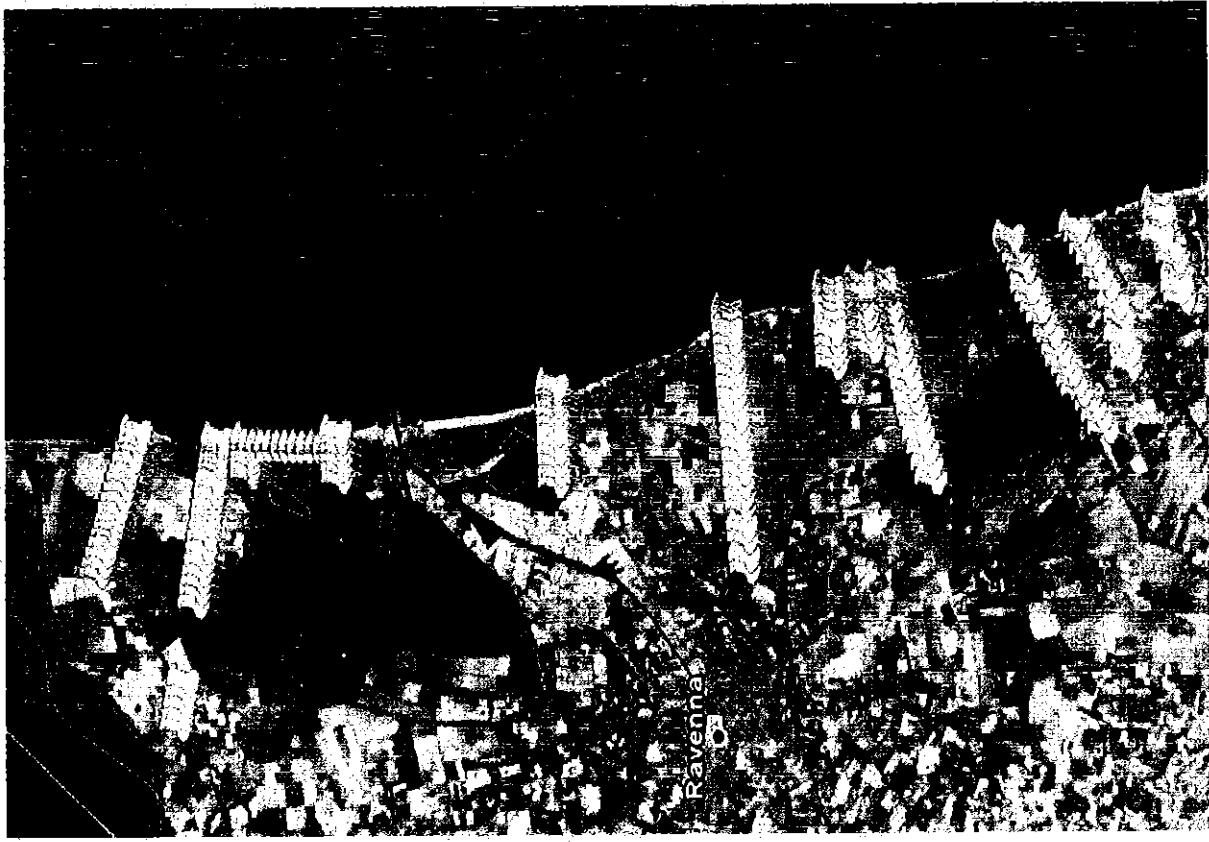
L'intervento di riquotatura del piano di campagna, previsto utilizzando i terreni presenti nella cassa di colmata della SAPIR S.p.A. in penisola Trattaroli, va quindi inquadrato tenendo in debito conto che la situazione del territorio e del quadro idrogeologico del primo substrato sono molto diversi da quelli a cui si riferisce il quadro normativo nazionale che, per evidenti motivi, si deve rifare ad una situazione di assoluta mancanza di ogni forma di alterazione chimico fisica del quadro ambientale, al fine poi di imporre il rispetto dei limiti che vengono definiti dalla norma .

Appare pertanto evidente che, come nel caso della falda freatica della zona costiera di Lido Adriano, se anche l'acquifero superficiale evidenzia una concentrazione di Cloruri e/o Solfati abbondantemente superiore ai valori medi tipici di un acquifero freatico, perdono di significato i riferimenti normativi relativi alla concentrazione dei Cloruri, già talora superati dalla stessa situazione "naturale" rilevata in sito .

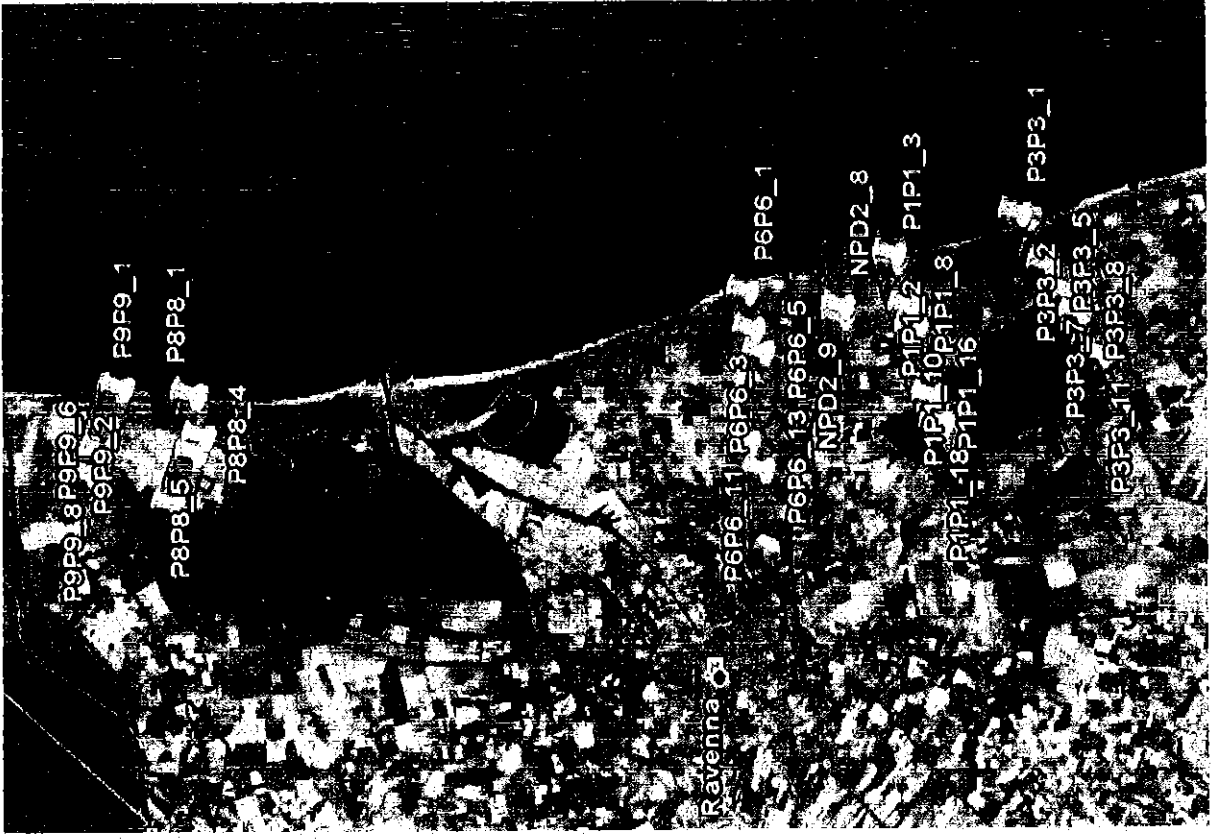
A parere dello scrivente esiste pertanto una compatibilità ambientale nell'utilizzo dei terreni presenti all'interno della cassa di colmata della SAPIR S.p.A. presa in esame con le condizioni chimico fisiche sia dei terreni che della falda freatica delle aree indagate ed ubicate nella località costiera del comune di Ravenna denominata Lido Adriano, evidenziate nella planimetria relativa all'ubicazione delle indagini in sito effettuate a corredo di questa indagine .

Risulta altrettanto evidente che si renderanno necessarie ulteriori analisi di laboratorio su campioni di terreno da prelevarsi o in termini statistici all'interno della cassa di colmata oppure con frequenza da definire nei mezzi di trasporto che porteranno i sedimenti dalla cassa fino al luogo di impiego .

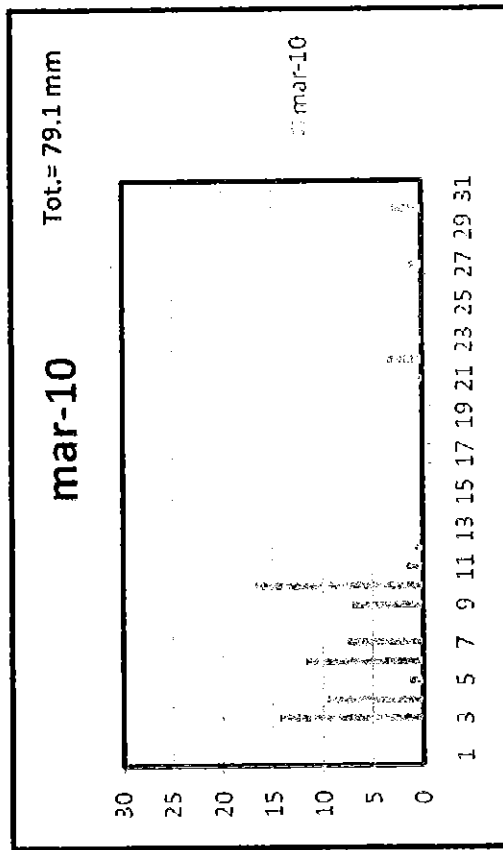
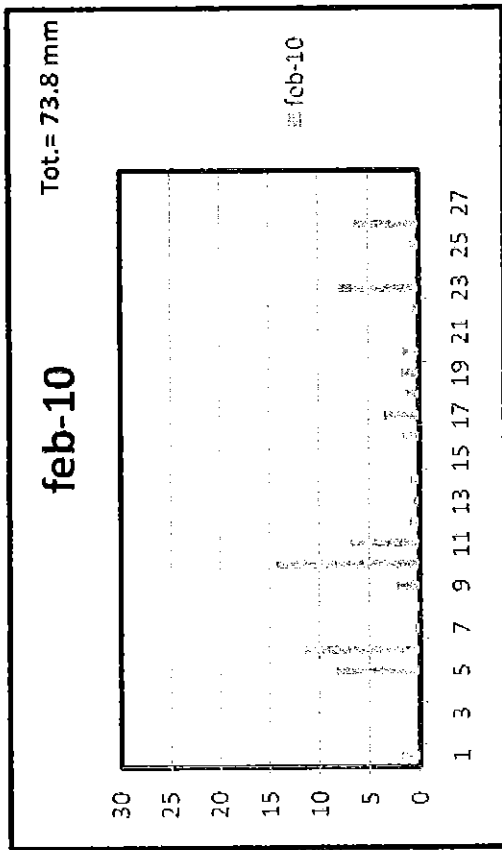
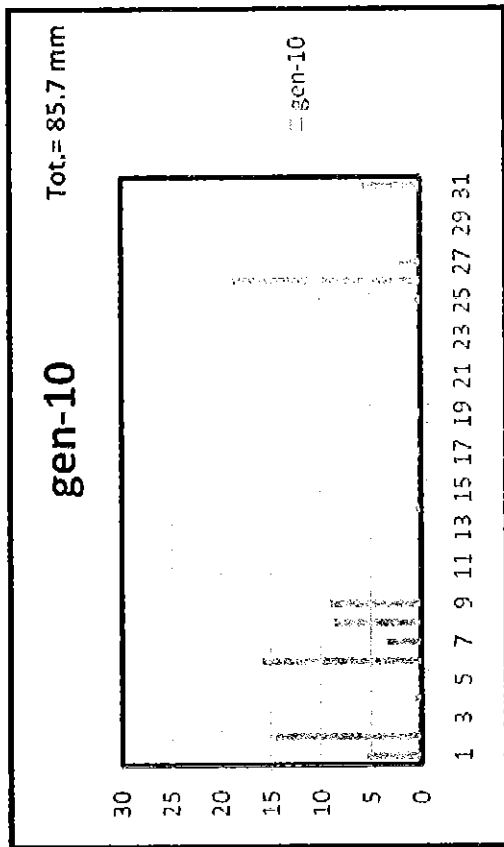
# Transetti V.E.S.



# Transetti V.E.S.



# Dati Pluviometrici Dexter



Totale = 238.6 mm

17-23/04/2009

Autorità del Bacin  
Regionale Romagnolo

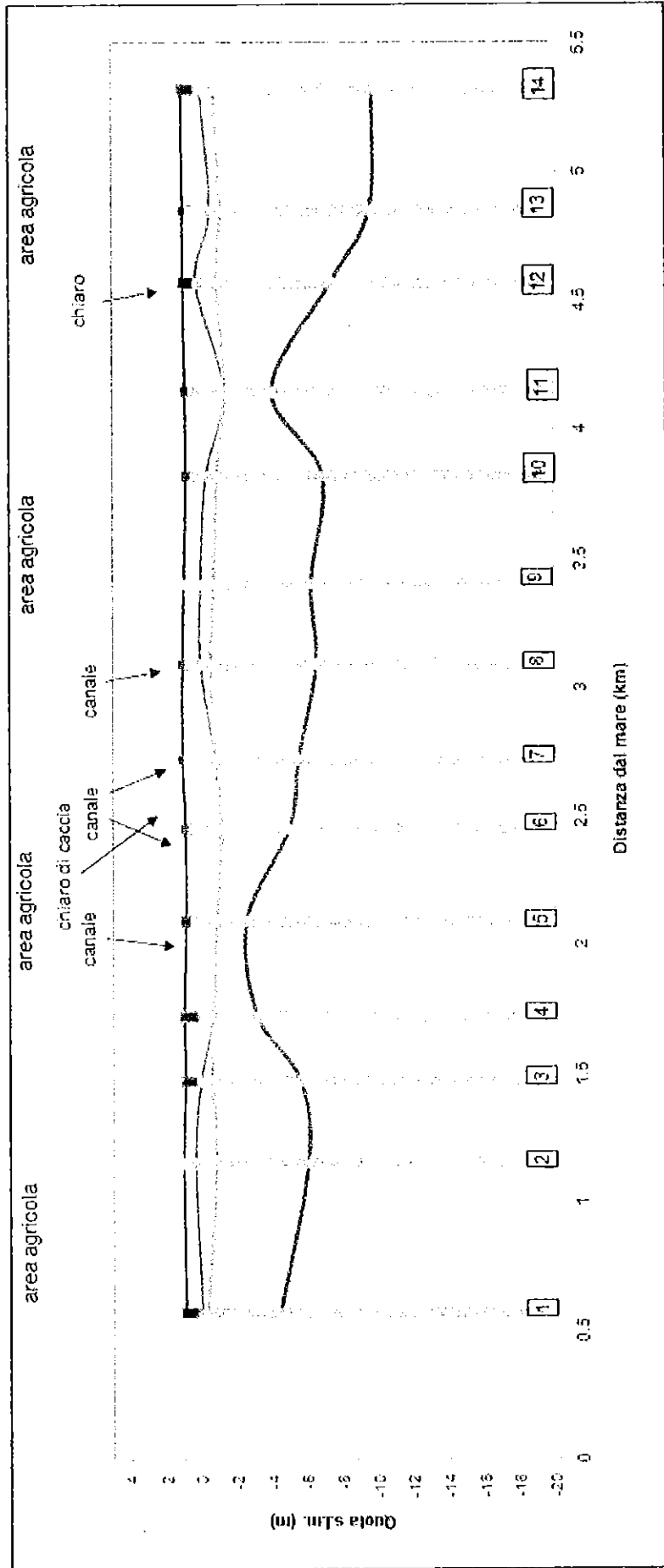
# POTENZIALE RICARICA DELL'ACQUIFERO FREATICO COSTIERO ROMAGNOLO PER IL CONTENIMENTO DELL'INGRESSIONE SALINA

Marco Antonellini e Pauline Mollema

*IGRG CIRSA Scienze Ambientali*

Università di Bologna

# Transetto P6P6



litologia	codice
argilla disseccata	2
sabbia asciutta	3
argilla	3
sabbia grossolana o con torba/argilla	3
sabbia da fine a media	3
sabbia con argilla	3

—	Quota s.l.m. (m)
—	Profondità falda s.l.m. (m)
—	acqua dolce bottom
—	mixing zone bottom



**18-30/03/2010**

# Intrusione Salina in Italia

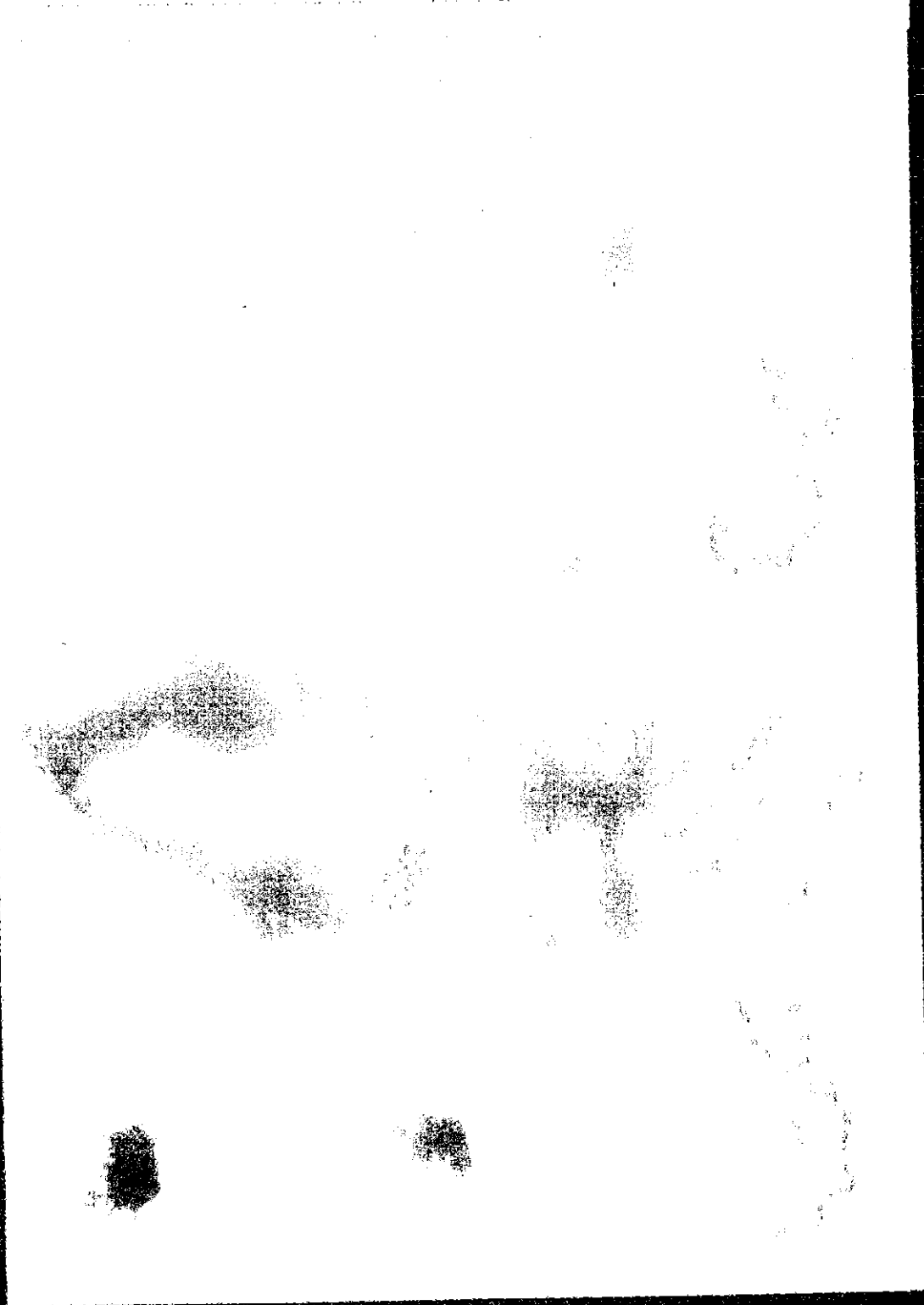
Salt water intrusion due to groundwater overexploitation

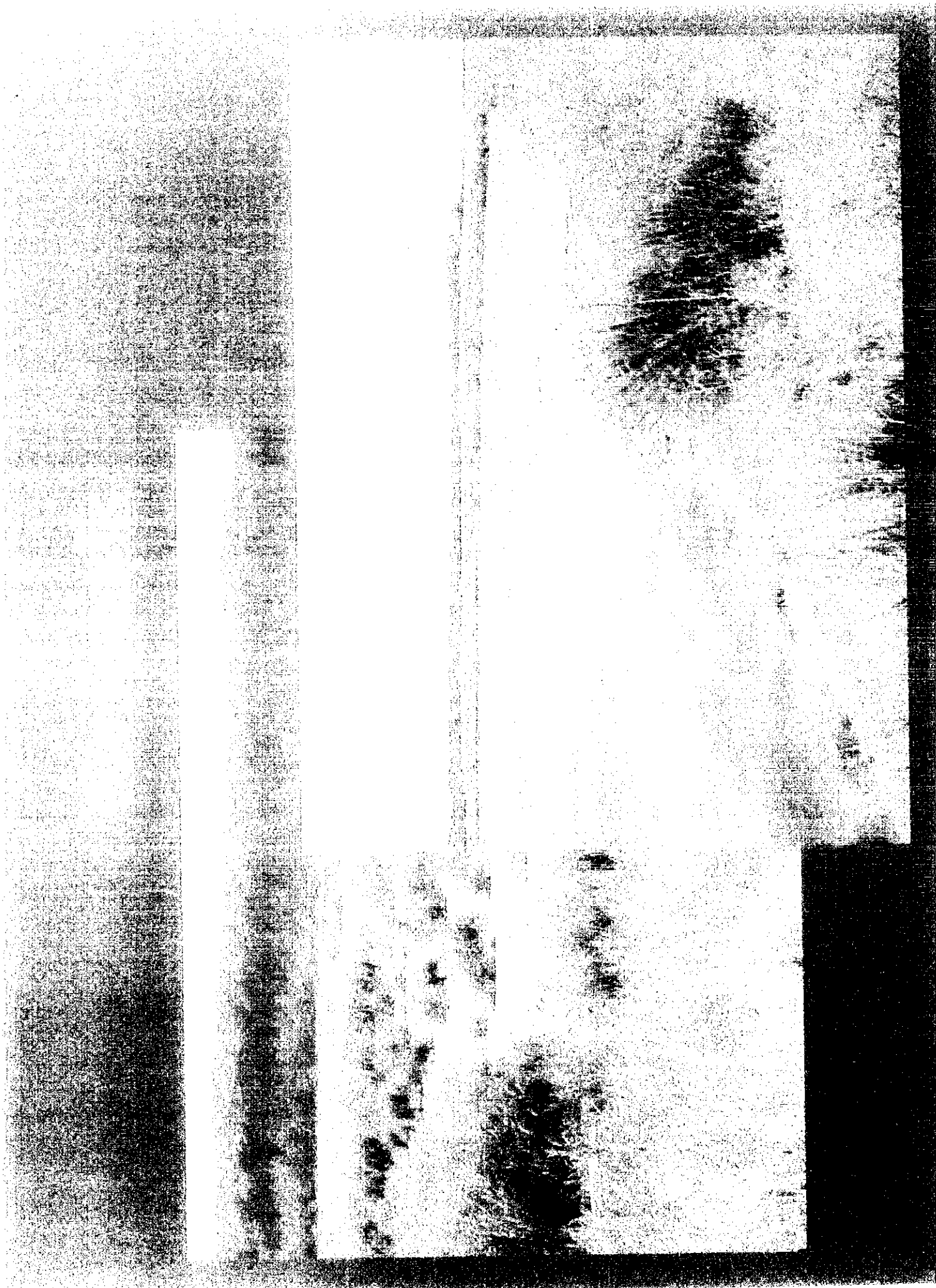
■ Salt water intrusion

■ Groundwater overexploitation

■ No data

■ Causes due to overexploitation



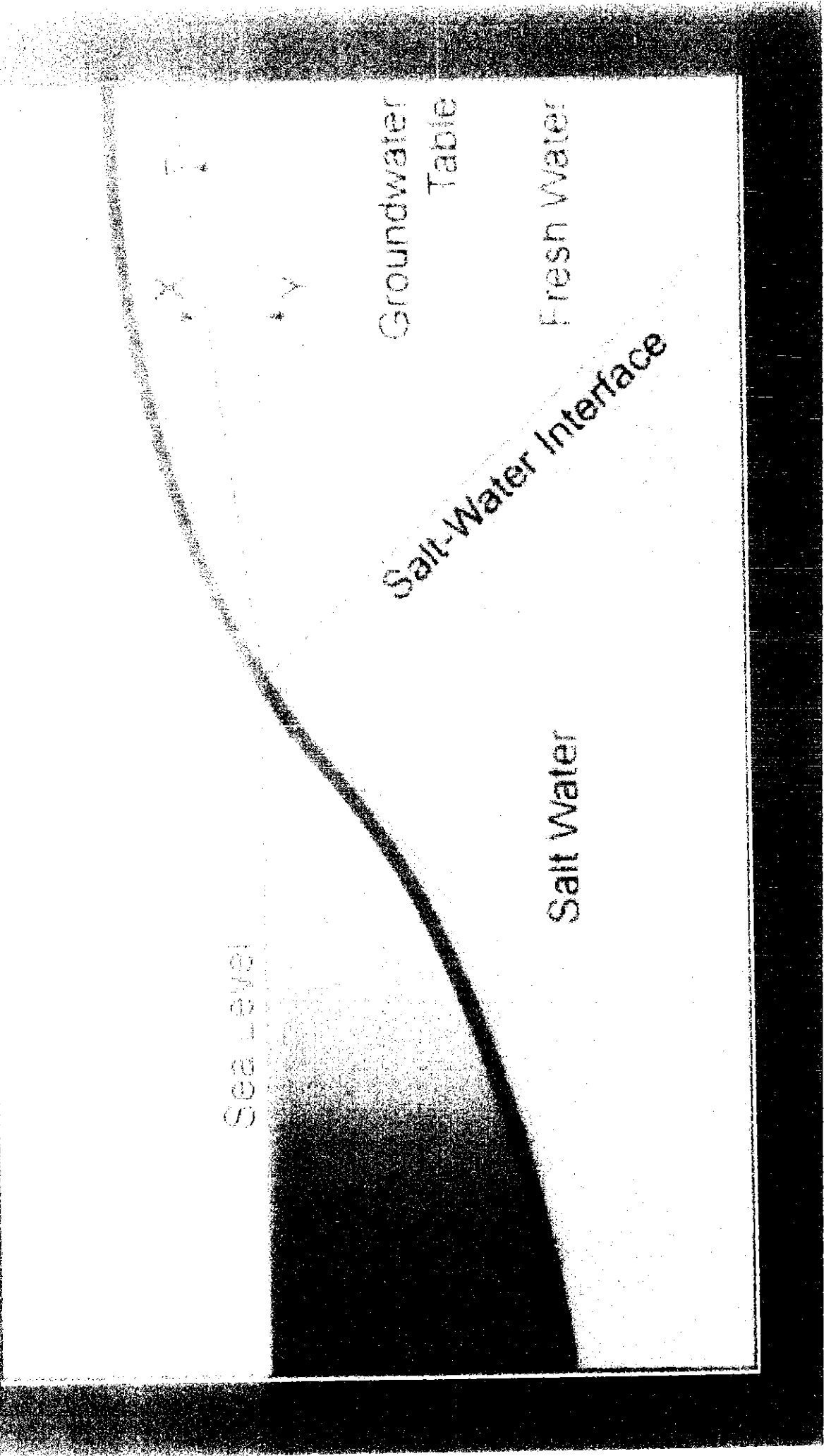




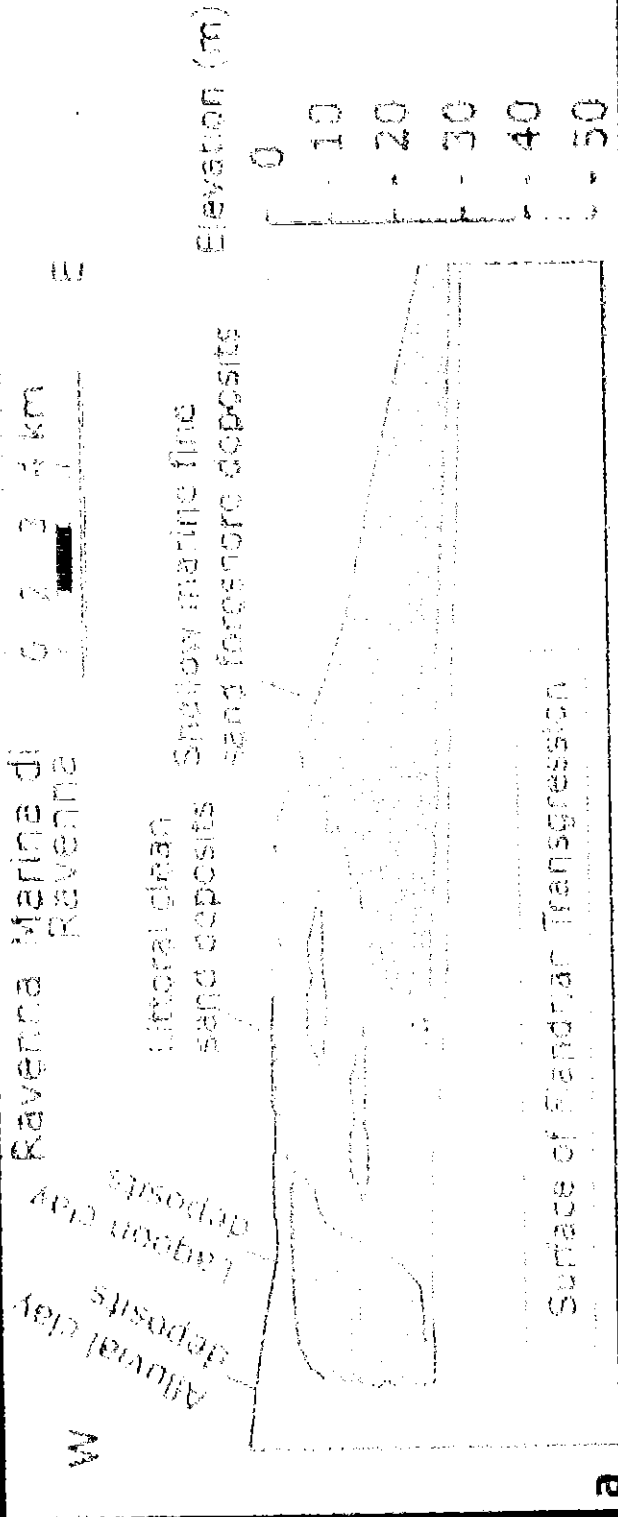


1974

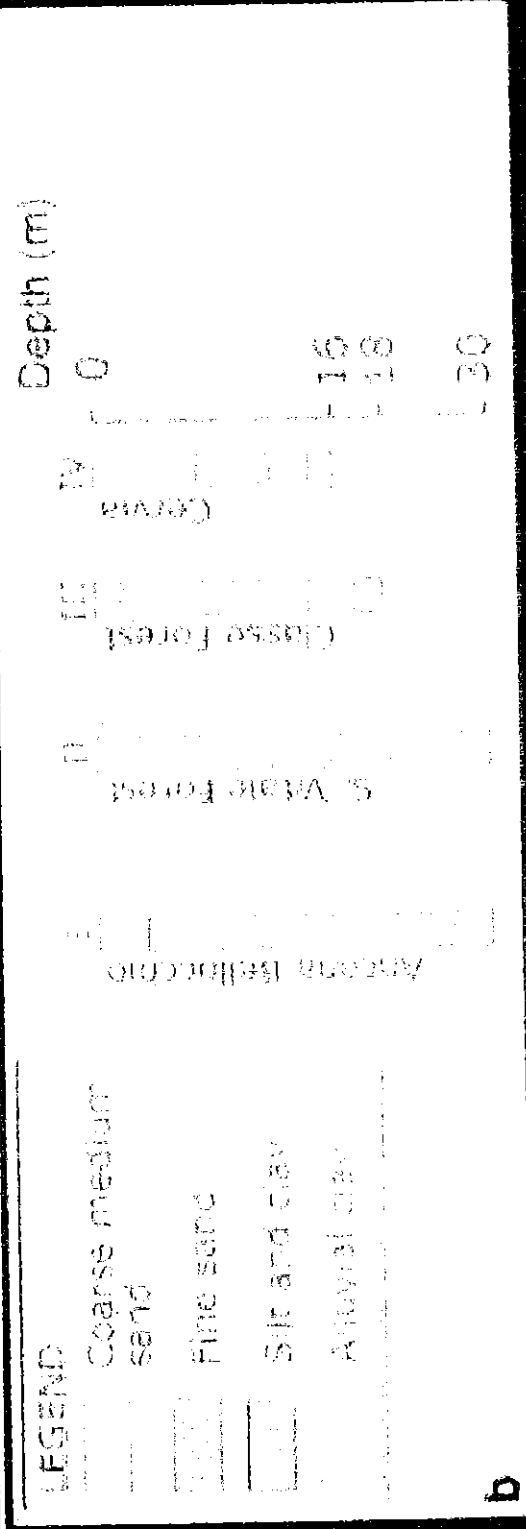
# Theoria



# Acquifero Freatico

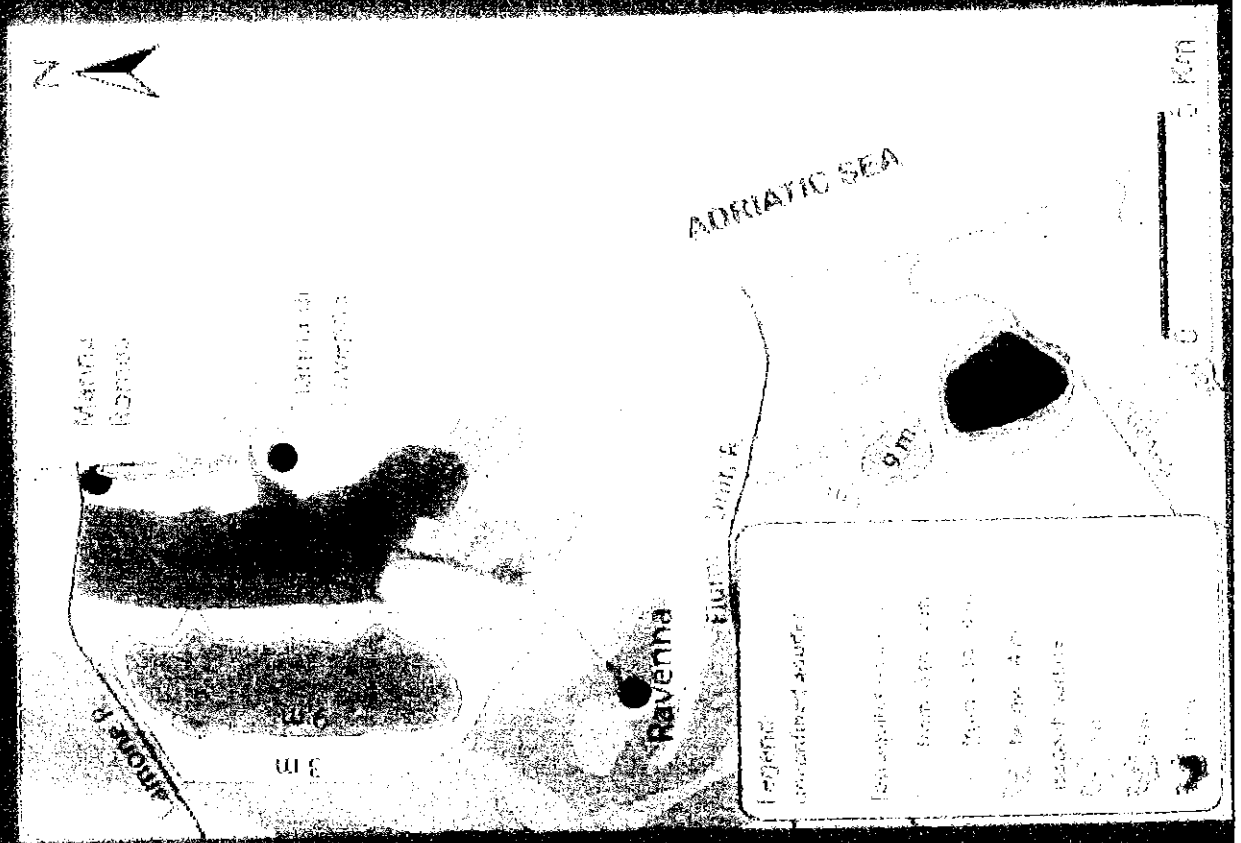


a



b

# Acquifero Freatico



## The Influence of Surface Water Evaporation on Salt Water Intrusion in Ravenna, Italy. Implications for Climate Change.

Pauline N. Mollema<sup>1</sup>, Marco Antonellini<sup>1</sup>, Giovanni Gabbianelli<sup>1</sup>, Mario Laghi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> I.G.R.G. (Integrated Geoscience Research Group), University of Bologna, Ravenna, Italy.

### ABSTRACT

We investigate to what extent open surface water evaporation contributes now and in a possible future to the salinization of quarry lakes in the *Quinto* Basin, Ravenna Italy. Net evaporation rates are currently up to 894 mm/yr. Numerical models show that evaporation is one of the driving forces for salinization of the unconfined aquifer. Evapotranspiration by pine trees and drainage of the polders around the quarries contribute as well. Evaporation depends on many weather variables and in the future IPCC climate scenarios A1B and A2 for the area, evaporation may slightly decrease, because of decreasing wind and increasing air humidity in winter, even though average temperatures will increase.

### INTRODUCTION

Gravel deposits at the surface in the *Quinto* basin, Ravenna (Italy) are exploited for building materials since 1935. The older quarries are now abandoned and form lakes up to 20 m in depth, some of which are used for recreational activities. In the active quarries, the pits are filled with water as well. The water in the pits has a salinity that can reach up to 15 g/l. The water in the quarries is well mixed. Rainfall is limited in this area and there is a net evaporation removing fresh water from the lakes (Fig. 1a). Replacement of the net evaporation and of the gravel with salt water coming from the surrounding aquifer may explain in part the high salinity of the quarries (Fig. 1b). It is recognized that many other factors contribute to salt water intrusion in this area: drainage, dune destruction, salt water encroachment along rivers and disaggregated water management (Antonellini *et al.* 2008) and pine tree transpiration (Mollema *et al.* in prep). This causes problems among others to the natural areas (Antonellini and Mollema, 2010) and to the agricultural land.

### CLIMATE AND EVAPORATION

The climate data used in this study to calculate the surface water evaporation is based on four local weather stations for the period 1987-2008. The average annual precipitation is 635 mm, the average maximum temperature is 19°C and the average minimum temperature is 8°C. To be able to calculate the future water balance of the basin, climate data were extracted from the model output that IPCC describes in the fourth assessment report (IPCC 2007) since no published model output was available for the area. An ensemble of 13 models for the two scenarios A1b and A2 in the period 2080-2099 was chosen. Eight parameters that were needed for our calculations were extracted from these models and averaged. In comparison with today, the minimum temperature is projected to increase throughout the year in both models. The maximum temperature is higher mostly in winter but will not increase considerably during the summer. The total annual precipitation is projected to decrease from 635 mm to 619 mm (scenario A1b) or to 596 mm (scenario A2). Relatively more rain is projected to fall during the winter: 46% today, 61 % in the future for A1b, 64% for A2. A comparison of historical data of the period 1991-2008 with those of 1961-1990 indicates that the average and maximum temperature have already increased by two degrees in the study area since the 1960's and the precipitation has

decreased in winter, spring and summer but it has increased in the fall (Regione Emilia-Romagna, 2010).

Open water evaporation in this study is calculated with Maidment (1992) which is based on the Penman equation (1948) that describes how the available energy from the sun is used for evaporation of water. The output of the climate models do not provide all variables needed to simulate future scenarios. For example the solar radiation available for evaporation is assumed to be the same in 2070-2100 as today. The average annual open water evaporation for 1988-2008 is 1529 mm whereas in 2070-2100 it will be 1466 mm (A1b) or 1467 mm (A2). The decrease in evaporation can be explained by the fact that the maximum temperature from our climate model data is not increasing whereas the relative humidity is increasing and the wind velocity is decreasing in summer.

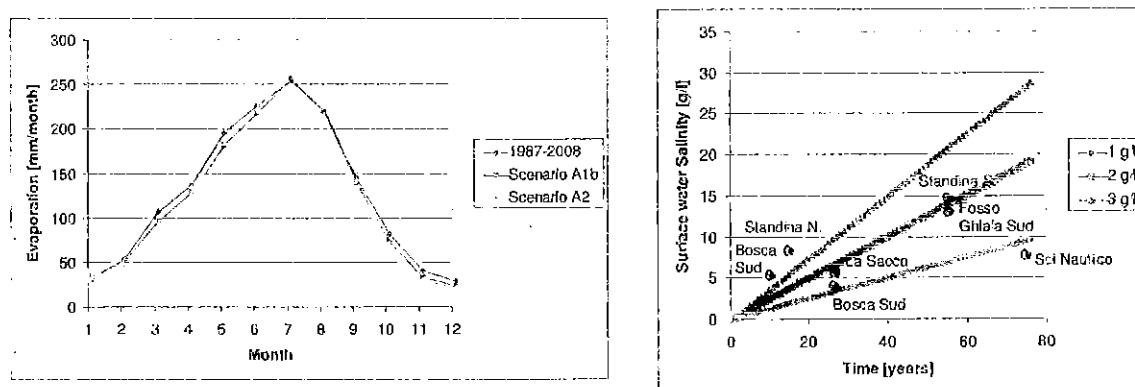


Figure 1a. Graphs of monthly surface water evaporation for different climate scenarios and b. increasing salinity in quarries over time with a net evaporation of 894 mm/yr, as a function of replacement salinity. The age and water salinity of some quarries is indicated.

### SALINIZATION BY EVAPORATION

We assume, for the sake of simplicity, that all freshwater removed from the quarry lakes by evaporation is replaced by water coming from the surrounding aquifer and that no salt disappears from the quarries. We know that the oldest quarry started 75 years ago but most quarries are no older than 56 years. Assuming also that the salt concentration of the groundwater is constant over time, one can construct a graph as in Figure 1b that shows increasing quarry salinity over time as a function of replacement of freshwater with saline groundwater. According to this model, even with a very low groundwater salinity of 1 g/l, over the life span of the quarries, the salinity may reach 9g/l, which is close to what we measure in the quarry Sci Nautico.

### MODELLING

The history of the area is simulated with a finite difference numerical model (SEAWAT, Guo et al 2002) to investigate if the simple analytical model of the quarries (Fig. 1b) can be supported with a flow and transport model. A two dimensional 26-km-long cross section is constructed and the first model simulates the location of the coastline at the eastern border of the 3.5 km inland from the current coastline. An initial salt concentration for the groundwater was assigned based on an estimated length of the salt water wedge obtained with the Ghyben Herzberg relationships. A recharge rate of 200 mm/year is applied on the dunes and results in a completely fresh, unconfined aquifer. The planting of the pine forest on the older dunes in the Classe area by the Romans is simulated by reducing the recharge on those dunes to 50 mm/yr (due to evapotranspiration). The coastline moved to

its current position around 1690, which is simulated by moving the constant head and concentration boundaries seaward and adding a recharge of 200 mm/yr on the new coastal dunes. The planting of the pine forest in the early 1900's caused again a reduction in the recharge. The drainage for land reclamation started in the 1960's and is simulated with a constant head boundary. The first quarry activities started in 1935 and thereafter new quarries have been started until today.

The models show that with a recharge of 200 mm/yr on the dunes along the coast, a time period of 200 years is not enough to flush the salt out of the unconfined aquifer (Fig. 2b). The quarries, simulated with a very high porosity and conductivity column and an evaporation boundary of 500 mm/yr (ignoring drainage), increase the landward velocities but not enough for salt to reach the quarries in 75 years. Adding a constant head boundary on the polder area of -2 m and a general head boundary of -2 m on the quarries, enhances the velocities landward but not enough for the salt to get to the quarries within 75 years.

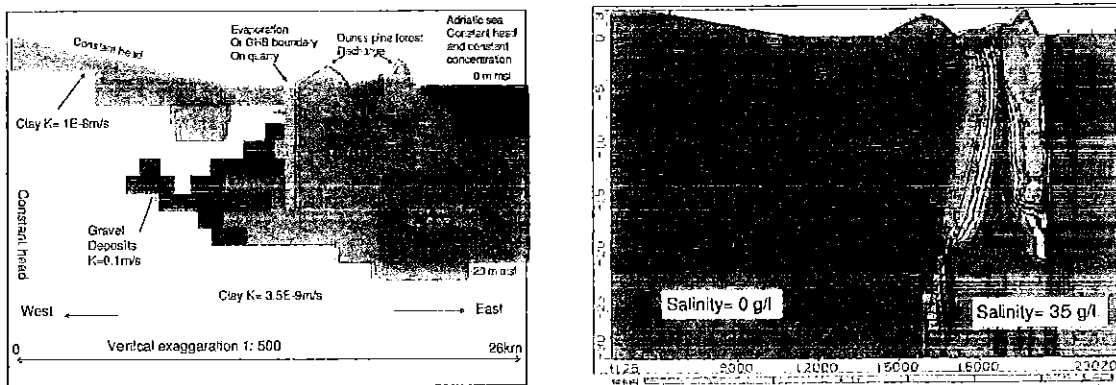
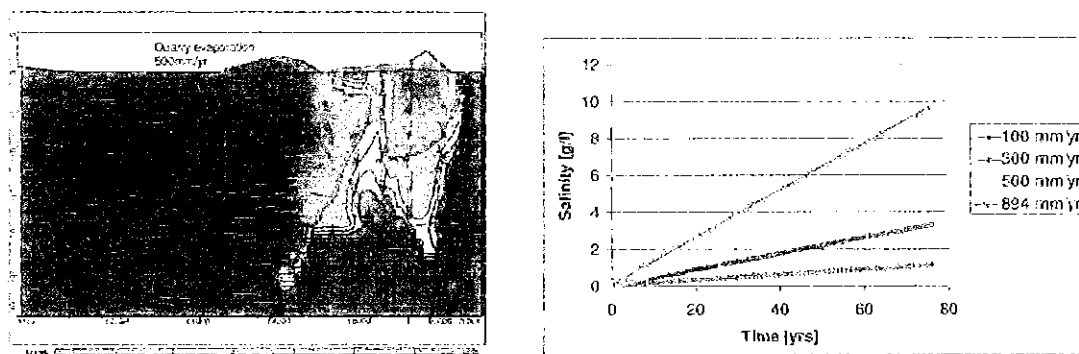


Fig. 2 a. Cross section with hydrogeology and boundary conditions of numerical model. b. Salt concentration at beginning of quarry activities. Contour interval is 5g/l. Velocity vectors indicate direction of flow only.

## CONCLUSIONS.

Evaporation from quarry lakes promotes salt water intrusion from the Adriatic Sea. Assuming that evaporated water is replaced by salt groundwater from the aquifer and all the salt remains trapped in the quarries, the groundwater salinity does not need to be high (about 1 – 2g/l) to cause salinities of up to 15 g/l in the quarry lakes. The modelling of the history of the area suggests that drainage, evaporation and reduced recharge on the dunes all enhance salt water intrusion towards the quarries. As a result, the groundwater salinity below the Classe dunes and the coastal dunes has been increasing over time. This is confirmed by geochemical studies (Marconi et al. in press). The current numerical models do not yet explain the high salinities of 15g/l observed in the quarries or the existing seasonal freshwater lenses below the dunes but other factors so far not built into the models are or may have been playing a role, such as up coning due to pumping in water wells within the aquifer. These may have increased the salinity in the aquifer before the onset of quarrying activities. Even though higher average temperatures in the future may enhance evaporation, decreasing wind velocities and increasing air humidity may actually cause reduce annual evaporation rates. It is unlikely that the current water deficit is going to be eliminated in the future. As a result enhanced salt water intrusion may occur in the future.



**Fig. 3a** Results of numerical simulation after simulation time of 75 years with initial concentration as in Figure 2b and evaporation of 500mm/yr on quarries. Velocity vectors indicate direction of flow only. **b.** Salinization rate as a function of net annual evaporation with replacement salinity 1g/l.

#### Acknowledgements

This research is part of the WATERKNOW project and is funded by CIRCLE-MED. Thanks to Paolo Severi and Luciana Bonzi of the Regione Emilia for data sharing and A. Minchio for help with the figures.

#### REFERENCES

- Antonellini M., Mollema P., Giambastiani B., Banzola E., Bishop K., Caruso L., Minchio A., Pellegrini L., Sabia M., Ulazzi E., and Gabbianelli G. 2008 Salt water intrusion in the coastal aquifer of the southern Po-plain, Italy. *Hydrogeology Journal* 16:1541-1556. DOI 10.1007/s10040-008-0319-9.
- Antonellini M. and Mollema P. 2010. Impact of groundwater salinity on vegetation species richness in the coastal Pine forests and wetlands of Ravenna, Italy. In press by Ecological Engineering DOI:10.1016/j.ecoleng.2009.12.007.
- Guo, W., and Langevin, C. D; 2002. User's Guide to SEAWAT: A computer program for simulation of three dimensional variable-density ground water flow: Techniques of Water-resources investigations Book6, Chapter A7, 77p.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007, the Fourth IPCC Assessment Report*. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/index.htm>
- Marconi V., Antonellini M., Balugani E., Dielli E. 2010 *Hydrogeochemical Characterization of Small Coastal Wetlands and Forests in the Southern Po Plain (Northern Italy)*. Submitted manuscript.
- Maidment, David R. 1992. Handbook of hydrology. McGraw Hill,
- Mollema P. N., Antonellini, A., Gabbianelli G, Galloni E. and Oude Essink G.H.P. (2010) *Pine tree water use and artificial drainage in a Mediterranean catchment (Marina Romea, Ravenna, Italy)*. Submitted manuscript.
- Penman, H. L. 1948. Natural evaporation from open water bare soil and grass. Proc. Royal Society of London A193 120-146
- Regione Emilia-Romagna, 2010. Atlante idroclimatico dell'Emilia-Romagna 1961-2008. A cura di Vittorio Mesletto. Arpa Servizio Idro-Meteo-Clima.

Contact information: Pauline N. Mollema, I.G.R.G. (Integrated Geoscience Research Group), University of Bologna, Via San Alberto 163, 48100 Ravenna, Italy. Email: pmollema@gmail.com



# Planning Managed Aquifer Recharge in the Emilia-Romagna Coastal Zone (Italy) to Contrast Salt-water Intrusion and Preserve Farmland, Forests, and Wetlands

Antonellini Marco\*, Mollema Pauline\*, Gabbianelli Giovanni\*, Cassani Gabriele\*\*, and Zani Oscar\*\*

\* I.G.R.G. (Integrated Geoscience Research Group), University of Bologna, Via San Alberto 163, 48100 Ravenna RA, Italy. m.antonellini@unibo.it

\*\* Regione Emilia-Romagna, Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, via Biondini 1, 40127 Forlì, FC, Italy

## Abstract

Subsidence, sea level rise, droughts, strong seasonal variations in water availability, and saltwater intrusion are threatening agriculture and natural areas along Italy's Adriatic coast south of the Po River (Emilia-Romagna Region). Freshwater in the unconfined aquifer is restricted to isolated lenses floating on saltwater within rows of dunes, isolated in between farmland, up to 5 km from the coastline. Most of the land in between these dune belts is used for agriculture. Once part of a swamp, it was drained and, as a result, it is now below sea level. In summer, abundant irrigation of farmland helps to maintain some freshwater lenses, but other lenses become completely salty. Until recently, the salinity of the unconfined aquifer has been neglected since it was not used for drinking water. Now it is realized that the natural areas and the farmland are at risk, because of the increasing salinization in the phreatic aquifer. The results of this project have shown some of the challenges for MAR in the Adriatic coastal zone including strong seasonality in water availability, high evaporation rates, and high hydraulic conductivity in the aquifer, water scarcity, and strict environmental limits on recharge water quality, subsea level topography, and water management in a polder environment. The scope of our study, helped by analytical and numerical modelling, is to identify areas where artificial recharge may help to store freshwater and prevent salinization of the aquifer and soil.

Keywords: Coastal Forests, Infiltration, Italy, Land use, Seawater intrusion, Ravenna.

## INTRODUCTION

The coastal area of the Po Plain between the Po and Rubicone rivers is affected by strong land subsidence and saltwater intrusion in its sandy phreatic aquifer (Antonellini et al. 2008). This aquifer is unconfined in the east and confined in the west or where thin veneers of alluvial deposits overlay the sands; for this reason we refer to it as a whole to "surface aquifer" in this paper. In recent years local water authorities and nature administrators have suggested to assess the feasibility of a groundwater recharge system to contrast saltwater intrusion. In this study we report on this project.

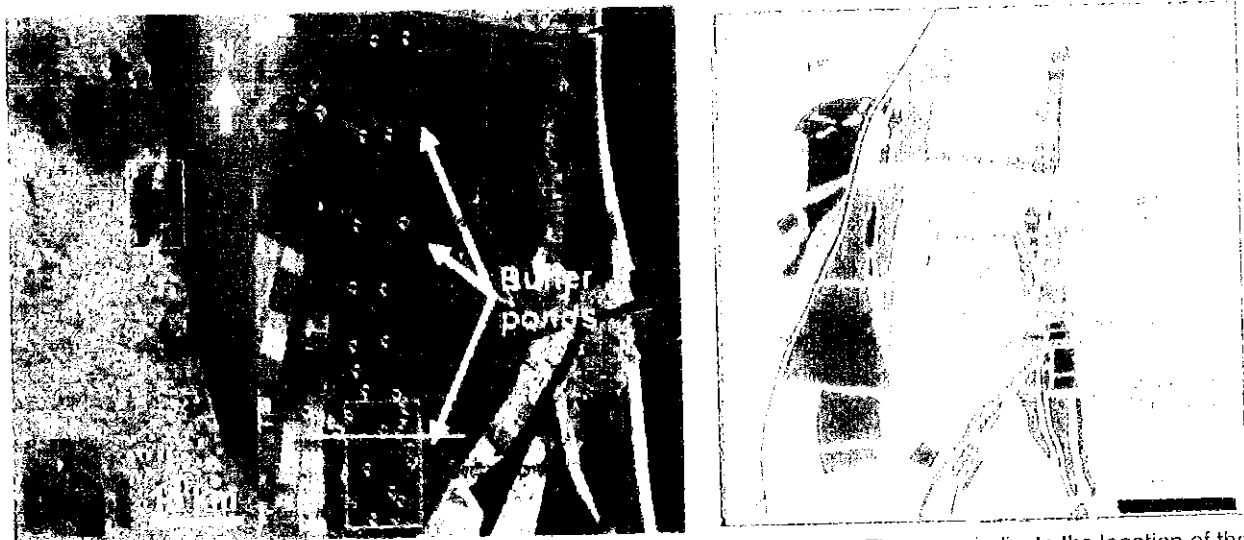


Fig. 1. Location of the study area in Italy and detailed map with important features. The maps indicate the location of the piezometers used to calculate the natural recharge and the position of the buffer ponds. The rectangle indicates where an ASR well-injection system was evaluated and the light blue line is the location of the cross section in Fig. 9.

The surface aquifer in this area is fragmented (Fig. 1) by many rivers, canals, drainage ditches, harbours, wetlands, quarries and internal lagoons. The heterogeneous inland distribution of salty surface water bodies (Piallasse, saltworks, lagoons, etc.) increases the vulnerability of the phreatic aquifer to saltwater intrusion. The topography of the area is in many places below sea level and strong natural and anthropogenic subsidence don't allow for strong hydraulic gradients seawards.

Figure 2 shows a schematic stratigraphic section of the last post-Flandrian deposits across the Adriatic coast south of the Po River. The coastal phreatic aquifer is primarily located within the littoral sands, and locally in the shallow marine wedge deposits. The coastal aquifer is unconfined in the east but, 3–4 km from the coast, it is overlain and confined by the most recent alluvial fine-grained continental deposits (vrest). The thickness of the aquifer varies from a minimum of 8m to a maximum of 30 m (Amorosi et al. 2002).

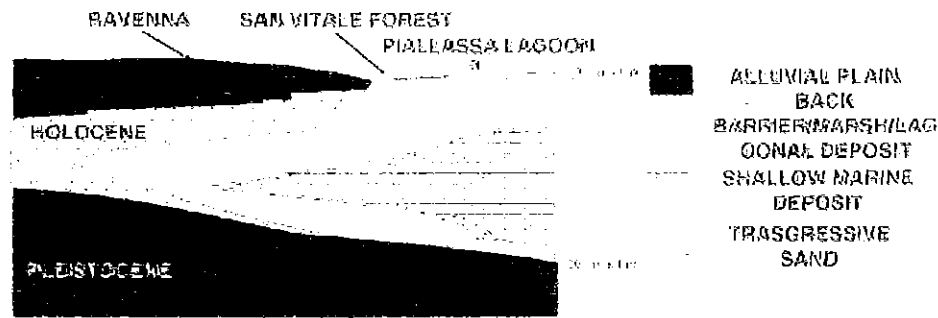


Fig. 2. Schematic stratigraphic reconstruction of the coastal aquifer below the study area (modified after Amorosi et al. 2002).

Subsidence in the area has reached a few meters with strong rates in the 60's and 70's (Teatini et al. 2006). Since then, subsidence has decreased as groundwater and gas exploration was halted. Today subsidence rates along the coast are around 0.8-1.6 cm/yr (Teatini et al. 2006). This means that a lot of territory may disappear below sea level within the next 50 – 100 yrs.

The coastal phreatic aquifer of the Ravenna province is not used for human consumption but it has an important role in agriculture (soil-groundwater interactions, irrigation) and for the natural ecosystems of the coastal area. The coastal ecosystems include forests, wetlands, sand dunes, and coastal prairies and they are managed by the Regional Po Delta Park. Given the important role that natural areas have for the tourism industry and the risk of soil salinization in agriculture, the local authorities tried in the past, and are planning for the future, some measures to mitigate the extensive saltwater intrusion that affects the unconfined aquifer. Among the measures tried in the past are the construction of some infiltration or buffer basins between saltwater and the *San Vitale* pine forest. In this paper we review the results of this experience in view of the recent monitoring data.

A managed aquifer recharge system can be designed only if the boundary conditions of the aquifer and its hydrogeological characteristics are well known (UNESCO 2005). The surface aquifer has been studied extensively by Giambastiani et al. (2007) and Antonellini et al. (2008) who measured water levels mostly below sea level and extremely low gradients often from sea to land as well as anoxic conditions due to the very small hydraulic gradients. Arsenic is a natural pollutant of the phreatic water (Marconi et al. in press) and its concentration is in many places above the law limit for safe use. Another important issue in the area is the strong seasonality of the climate. Water in the form of rainfall and river flood water is available mostly in winter and spring whereas it is lacking in the summer and fall. This seasonal availability of the water puts some constraints on the type of managed aquifer recharge infrastructure to adopt and it needs to be addressed with storage systems appropriate for the local climate.

## METHODS

Some important characteristics of the area need to be evaluated for the planning of an artificial recharge system. These are the natural recharge and the infiltration capacity of the soil as well as the evaporation rate from surface water bodies (both elements are important in designing infiltration ponds). We also characterize the actual state of saltwater intrusion in the area north of Ravenna in proximity to the buffer ponds set in place during the 90's.

### Natural Recharge Determination

The yearly recharge in the area is variable; Antonellini et al. (2008) calculated that the yearly recharge in the areas drained by the land reclamation pumping machines is less than 20 mm/year. Here we calculate the average yearly recharge in the coastal dunes and forests with the method of Lerner et al. (1990). According to this method the average yearly recharge (R) in mm is given by

$$R = S_y \cdot \Delta h$$

where  $S_y$  is the porosity of the aquifer and  $\Delta h$  is the yearly fluctuation in mm of the water level measured in a piezometer.

The average yearly recharge in the period 2004-2007 in the monitoring piezometers (Fig. 1) of the San Vitale Pine Forest is shown in Fig. 3. The average yearly recharge in the coastal dunes varies from 100 to 200 mm/year. Notice in Fig. 3 the high variability in recharge; the largest values are below the paleodunes where there is a large variation in water table height during the year – the smallest variations are close to the open water surface bodies in connection with the sea. During the wet period rainfall infiltrates the ground and is subsequently drained to the wetlands or the drainage canals. Hydraulic conductivity is rather high ranging from 5 to 120 m/d (Antonellini et al. 2008) allowing for fast draining of the recharge water.

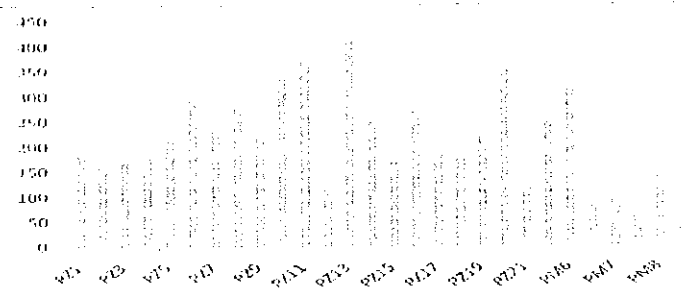


Fig.3. Average yearly recharge in the San Vitale Pine Forest (Fig. 1). Piezometer number on the x-axis and amount of recharge in mm on the y-axis.

It is important to understand the amount of natural recharge in the area to be able to estimate how much artificial recharge is needed in order to reach the tolerance range in water salinity required by the actual vegetation ecosystems (Antonellini and Mollema 2010) and the water needs of the plants in the coastal zone (Mollema et al. in review).

### Evaporation from Open Surface Water Bodies

By using the daily values of Temperature (min, max), solar radiation, relative humidity (min, max), and wind velocity provided by the Regional Environmental Agency (ARPA 2010), we computed by means of the Penman equation (Penman 1948) the average daily evaporation rate from open water surface bodies (Fig. 4). Figure 4 reports the data for the year 2008; it appears that the yearly evaporation from open water can be up to 1500 mm/year, which far exceeds the yearly average rainfall of 610 mm/year (ARPA 2010).

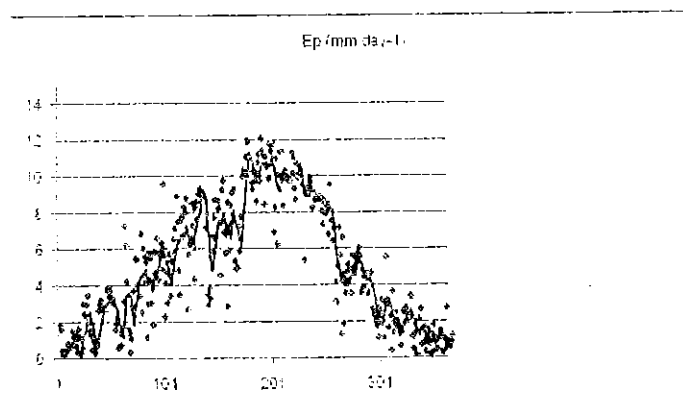


Fig. 4. Daily open water evaporation rate (y-axis in mm) at Ravenna for the year 2008.

This is an important observation, because it means that open water infiltration basins are probably affected by strong evaporation and the amount of water needed to fill them may be large. This is also demonstrated by the fact that the protective belt of recharge ponds of the *San Vitale* Pine Forest (Fig. 1) is dry during the summer period, the season when the water is needed most.

#### **Safety Monitoring**

During the period 2004-2008, we monitored water and salinity levels in the groundwater and surface water of the area shown in Fig. 5 (*San Vitale* Pine Forest and *Piailassa*).

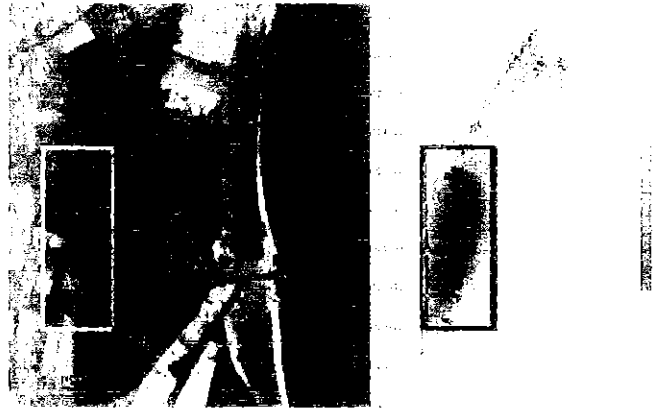


Fig. 5. Isobaths of the salinity isoconcentration surface at 1 g/l. Rectangles show correspondence in area.

This monitoring allowed constructing the average depth of the salinity isoconcentration surfaces during the period of monitoring. Figure 5 shows the depth of the 1 g/l salinity isobaths and Fig. 6 of the 15 g/l isobaths.

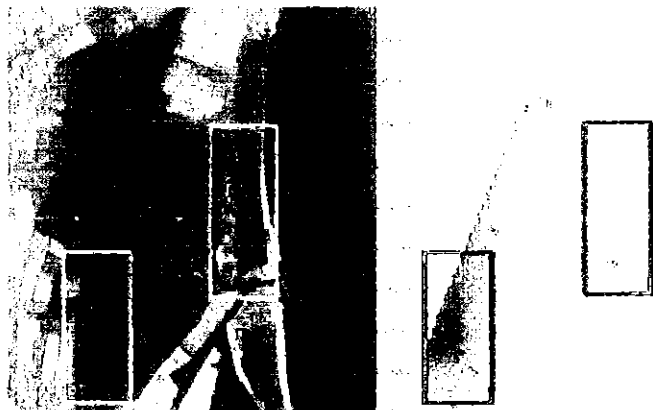


Fig. 6. Isobaths of the salinity isoconcentration surface at 15 g/l. Rectangles show correspondence in area.

Figure 5 shows that there is a lens of freshwater below the northern and central part of the *San Vitale* Pine Forest. Figure 6, on the other hand shows that mixed-brackish water up to a salinity of 15 g/l is also present below the *Marina Romea* Peninsula and in the southern part of the *San Vitale* Pine Forest.

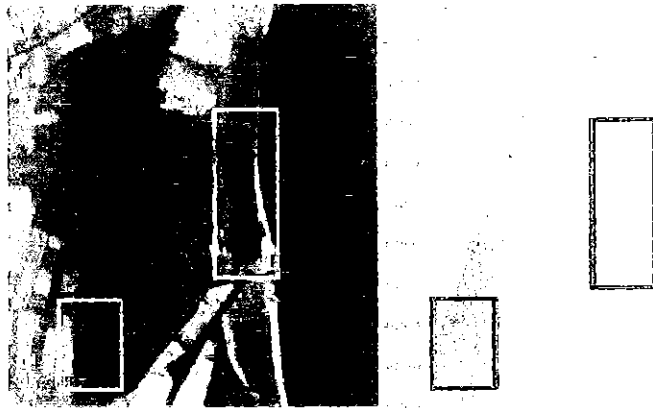


Fig. 7. Isopach of the mixing water zone between 1 and 15 g/l. Rectangles show correspondence in area.

Figure 7 gives an idea of the thickness of the mixing zone between the concentration of 1 g/l and 15 g/l. It is apparent that where the freshwater lens is most developed (central and northern area), the mixing zone is thin and the interface between saltwater and freshwater is sharp. On the other hand, where the freshwater lens is less developed (southern zone), the mixing zone is very wide and the interface between saltwater and fresh water is diffuse.

#### Climate Models and Water Budget

In order to understand the actual water budget (average of last 30 years) in the area and its possible variations in future climate change scenarios, we have computed the different crop evapotranspiration from the typical crops of the Ravenna Province and normalized it to the percent areal extent for each crop in a way to have an average value for irrigated agriculture, horticulture and then for wetlands, open water surface bodies, barren soil, urban areas, etc. (Mollema et al. in review). The crop evapotranspiration was calculated using the FAO (2004) program CROPWAT. We also extracted from several GCM's climate models the future temperature and precipitation forecasts for the period 2070-2100 under the IPCC scenarios A1b and A2 (Mollema et al. in review, Solomon et al. 2007) at the node closer to the Ravenna area. Figure 8 shows the yearly, summer and winter hydroclimatic deficit (precipitation minus evapotranspiration) for a typical coastal basin in the Ravenna Province (Quinto Basin, Mollema et al. in review).

### Precipitation - Evapotraspiration

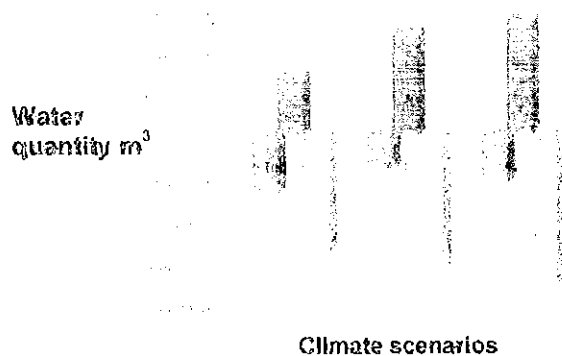


Fig. 8. Comparison of hydroclimatic budgets for the current conditions and for IPCC scenarios A1b and A2 for a typical basin of the Ravenna Province.

The analysis of the diagram in Fig. 8 allows making some guesses on the efficiency of groundwater recharge systems in a future of climate change. Figure 8, in fact, shows that the present yearly hydroclimatic budget is larger in the present climate conditions than in the future; both A1b and A2 models indicate larger rainfall in the future than today. The precipitation, however, is not evenly distributed through the year; most rainfall will

occur in the winter and less in the summer. This is well shown by an increase in water surplus during the winter for both future climate scenarios and by an increase in water deficit during the summer. It appears also that evaporation rates in the future may be smaller given the higher humidity. It is clear from Fig. 8 that in the future there will be more available water during the winter and much less in the summer; a groundwater recharge system has to take advantage of this situation. As of now the excess water is flushed to sea, maybe part of it could be re-infiltrated in the ground or injected in the aquifer during the winter to contrast saltwater intrusion and satisfy the needs of the coastal ecosystems during the dry periods.

#### Evaluation of Recharge Methods

The major objective of the managed aquifer recharge in our area of interest should be to fight salinization in the surface aquifer in a way to provide reasonable water quality and quantity conditions for agriculture and the natural ecosystems. Antonellini and Mollema (2010) have shown that in order to have enough vegetation biodiversity in the coastal area, we need surface groundwater salinity values below the 2-3 g/l. This indeed is a minimum objective that we want to achieve with artificial recharge. By using our work explained in the methods section and some previous studies (Giambastiani et al. 2006), we have evaluated the feasibility of different artificial recharge systems.

#### Artificial Well-Injection Recharge System

Giambastiani et al. (2007) have evaluated the possibility of constructing an artificial recharge system by means of well-injectors along the eastern boundary of the San Vitale Pine Forest (Fig. 1). The idea was to create a hydraulic freshwater barrier down to the bottom of the phreatic aquifer in a way to prevent saltwater intrusion. The planned recharge scheme was made of wells down to a depth of 20-30 m and at a spacing of 200 m. The results of the analytic and numerical simulations have shown that artificial recharge with this method would be possible but would also require large quantities of freshwater (from 2500 to 4000 m<sup>3</sup>/day) according to the hydraulic conductivity of the aquifer. For this reason and for the lack of the necessary freshwater, this idea has been abandoned. Another issue is that the strict environmental law requires water with characteristics no less than drinking water standards to be injected in the aquifer. Such water, of course, is not available in the area if not at high costs.

#### Buffer Ponds

In the early 90's it became apparent to the Po Delta Park Authorities that the historical-roman-time *San Vitale* Pine Forest was suffering, because of saltwater intrusion from the adjacent salty *Piailassa* lagoon (Fig. 1). The city authorities, in order to fight this problem, decided to construct some dikes to isolate freshwater pools in the lagoon adjacent to the forest (Figs. 1, 5, 6, and 7). These pools (*Comune*, *Buca del Cavedone*, *Pontazzo*) are now filled with freshwater coming from the land reclamation area inland. The objective of the pools is to create a protective belt between the pine trees and the saltwater and to promote freshwater infiltration in the surface aquifer. During the wet season (November to April) surplus freshwater from the land reclamation pumping machines is directed to the pools that are filled up to 0.1 m above sea level (about 0.5 m from the bottom). During the dry season, most of the area in the pools dries out. Water salinity in this buffer belt varies from 5 to 10 g/l. Notice also that the belt is not continuous given that the *Chiaro della Risega* filled with seawater (Figs. 1, 5, 6, and 7). Another problem that affects the pools in terms of their use as recharge basins is that their bottom is covered by alluvial fine deposits of low permeability (loamy silt to very fine silt) that prevents a connection with the underlying aquifer (Fig. 9).

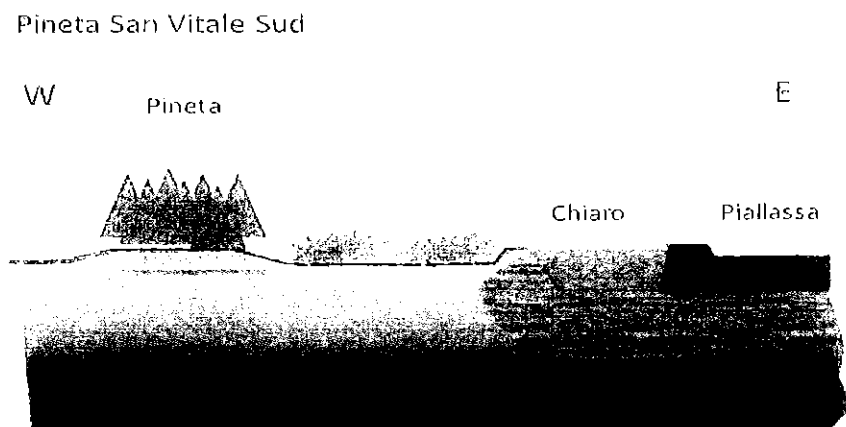


Fig. 9. Schematic cross section through the southern part of the San Vitale pine forest and the Piailassa.

### *Incidental Recharge*

Incidental recharge due to over-irrigation in the area is a relevant artificial recharge method where agriculture is practiced. Mollema et al. (in review) and Marconi et al. (in press) have shown that in a polder basin (*Quinto Basin*) south of Ravenna, incidental recharge from over-irrigation of the corn fields is an important source of infiltration water to fight saltwater intrusion.

### RESULTS AND DISCUSSION

The work done so far shows that, in order to plan a managed aquifer recharge system in the area, it is important to consider the following aspects. (1) The source of recharge water; the most easily to obtain recharge water is from floods in the nearby rivers. The quality of the water in these rivers might be good enough for infiltration in a recharge pond but not for an ASR or ASTR well-injection system. (2) The high hydraulic conductivity ( $K = 30 - 120$  m/d) and porosity (up to 0.45) of the aquifer are problematic for applying a well-injection system, because they require large amount of high quality injection water for a small increase in hydraulic head. (3) The fact that the surface aquifer is in part confined and in part phreatic requires having a mixed recharge system that needs to couple recharge ponds where the aquifer is phreatic and a well-injection system or deep recharge trenches where the aquifer is confined. (4) The strong seasonality in water availability; flood water to be used for artificial recharge is available only in a few months per year. The problem is to concentrate the recharge when the water is available or to recharge the water during the whole year by using some kind of storage system? (5) The fact that a large part of the area is below sea level and human activities occur only because of the drainage from the land reclamation pumping machines adds another level of complexity in planning an aquifer recharge scheme. Any infiltration and drainage of water needs to be strictly planned in integration between the different water authorities supervising land reclamation activities and ground as well surface water quality. There is an important integrated management issue that needs to be solved before implementing the system.

It is also important that there is an integrated team of people in the planning of the artificial recharge method. An example is the construction of the belt of buffer/infiltration ponds at the eastern margin of the *San Vitale* pine forest. Those ponds, in fact, are located above one meter of alluvial loam and clay that do not provide a good connection between surface water and aquifer and in the end make ineffective the whole recharge plan. In order to make these belt of ponds an effective infiltration area, the bottom of these pools should be scraped and dredged. The problem arising in this case is that the mud at the bottom of the pools is polluted by heavy metals and other pollutants causing important issue in the disposal of the mud. Furthermore, these brackish water ponds have become an important ecosystem for birds, especially during the nesting period, and park managers are worried about possible maintenance activities in these areas.

### CONCLUSIONS

The different managed aquifer recharge systems examined have advantages and disadvantages. Today, the use of recharge ponds seems the easiest solution to implement in the coastal area of Ravenna. This method would be suitable both for the quality of the water available and for the high hydraulic conductivity characteristics of the surface aquifer. Serious problems related to this method would be the strong seasonality in water availability and the strong evaporation rates. Another problem will be clogging of the bottom of the ponds that will require continuous maintenance or a use in a wet-dry cycle. Some already existing ponds may be used in a more effective way if managed in a way to put in connection their bottom with the surface aquifer.

### LIST OF REFERENCES

- Amorosi, A., Centineo, M.C., Dinelli, E., Lucchini, F. and Tateo, F. 2002. Geochemical and mineralogical variations as indicators of provenance changes in Late Quaternary deposits of SE Po Plain. *Sedimentology*, 151:273-292.
- Antonellini, M., Mollema, P., Giambastiani, B., Banzola, E., Bishop, K., Caruso, L., Minchio, A., Pellegrini, L., Sabia, M., Ulazz E. and Gabbianelli, G. 2008. Salt water intrusion in the coastal aquifer of the southern Po-plain, Italy. *Hydrogeology Journal*, 16:1541-1556.
- Antonellini, M. and Mollema, P. 2010. Impact of groundwater salinity on vegetation species richness in the coastal pine forests and wetlands of Ravenna, Italy. *Ecological Engineering*, In Press, Corrected Proof, Available online 12 January 2010.
- ARPA, 2010. [http://www.arpa.emr.it/sim/osservazioni\\_e\\_dati/dexter](http://www.arpa.emr.it/sim/osservazioni_e_dati/dexter)
- FAO, 2004. <http://www.sdnbd.org/sdi/issues/agriculture/database/CROPWAT.htm>
- Giambastiani, B. M.S., Antonellini, M., Oude Essink, G.H.P. and Stuurman, R.J. 2007. Saltwater intrusion in the unconfined coastal aquifer of Ravenna (Italy): A numerical model. *Journal of Hydrology*, 340:91-104.
- Lerner, D.N., Issar, A.S., Simmers, I. 1990. Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge. International Contributions to Hydrogeology 8, Heise, Germany.

- Marconi, V., Dinelli, E., Antonellini, M., Capaccioni, B., Balugani, E., Gabbianelli, G., 2010. Hydrogeochemical characterization of the phreatic system of the coastal wetland located between Fiumi Urilli and Bevano rivers in the southern Po plain (Northern Italy). *Ecohydrology*: *in press*.
- Mollema, P.N., Antonellini, M., Gabbianelli, G., Marconi, V., Minchio, A. and Laghi M. The changing water budget of an agricultural coastal watershed Quinto Bacino Provincia di Ravenna (Italy). *Environmental Geology*, in review.
- Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare and grass. *Proceedings Royal Society of London Ser. A*, 193:120–145.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H. L. 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Teatini, P., Ferronato, M., Gambolati, G., Gonella, M. 2006. Groundwater pumping and land subsidence in the Emilia-Romagna coastland. Italy: modeling the past occurrence and the future trend. *Water Resource Research*, 42:1–19.
- UNESCO, 2005. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001438/143819e.pdf>



**MODALITA' DI GESTIONE RIFIUTI INERTI**  
**PROCEDURE DI ACCETTAZIONE E AUTOCONTROLLO**

**1. Premessa**

Il presente manuale viene predisposto in attuazione della prescrizione riportata al punto 11. del Provvedimento n. 718 in data 30.12.2008 col quale il Dirigente del Settore Ambiente e Difesa del Suolo della Provincia di Ravenna ha autorizzato la Ditta SAPIR Spa – Porto Intermodale Ravenna – al recupero di rifiuti inerti per il riempimento dell'area depressa sita in Ravenna compresa tra la Via Classicana, Via Trieste, Via Vitalaccia e la Ferrovia.

SAPIR Spa si impegna ad individuare un limitato numero di produttori il cui processo di produzione ed il relativo rifiuto vengono qualificati ed omologati attraverso una serie di verifiche prevalentemente indirizzate alle fasi di produzione dei materiali stessi: in particolare le verifiche sono mirate alla conoscenza del ciclo produttivo e delle caratteristiche chimico - fisiche dei rifiuti ottenuti.

**2. Procedura di accettazione dei rifiuti**

La procedura di accettazione dei rifiuti prevede pertanto le seguenti fasi:

**2.a Fase di caratterizzazione ed omologa**

Le procedure di caratterizzazione ed omologa vengono svolte, secondo i criteri di cui al D.M. 03/08/2005, dalle ditte produttrici dei rifiuti e le relative responsabilità restano in carico alle stesse, anche sulla base della compilazione della relativa scheda descrittiva.

In ossequio a quanto previsto dall'autorizzazione della Provincia, la caratterizzazione ed omologa dovranno essere riferite a partite omogenee e mirate alla determinazione dei parametri analitici previsti nella stessa autorizzazione.

I rifiuti di cui ai codici CER 170904 – 170504 – 010412 verranno valutati idonei al conferimento presso l'area previa verifica dell'analisi di caratterizzazione del lotto omogeneo con data di emissione comunque non antecedente ad un anno dalla data di conferimento e della relativa scheda descrittiva. In particolare dovrà essere sottoposto a caratterizzazione il materiale ogni

qualvolta si verifichi una variazione della provenienza e/o del ciclo di lavorazione che possono influire sulle caratteristiche del materiale e comunque ad ogni cambiamento delle caratteristiche dei materiali da demolire (per il CER 170904) e della litologia del fronte scavo (per il CER 170504 e 010412).

A seconda delle diverse tipologie di rifiuto dovranno essere prodotte le seguenti documentazioni analitiche:

#### ***CER 170904***

- Interventi di demolizione di rilevante entità:

- o Verbale di campionamento di matrice per l'analisi: campione rappresentativo di lotto omogeneo, prelevato da tecnico competente presso il sito di produzione secondo i criteri previsti dalla norma UNI 10802;
- o Test di cessione secondo quanto previsto dall'allegato 3 del D.M. 186/2006 per i seguenti parametri:
  - metalli pesanti: Cd, Cr tot, Ni, Pb, Cu, Zn;

- Per i conferimenti saltuari di piccole quantità la conformità viene accertata mediante verifica merceologica al conferimento e con verifica della dichiarazione di provenienza e non pericolosità dei rifiuti conferiti;

#### ***CER 170504 – CER 010412***

- Verbale di campionamento di matrice per l'analisi: campione rappresentativo di lotto omogeneo prelevato da tecnico competente presso il sito di produzione secondo i criteri previsti dalla norma UNI 10802;

- analisi riferita a sostanza secca con riferimento ai metalli pesanti, idrocarburi e solventi (riferimento limiti della Tab. 1, Allegato 5, colonna B del DLgs n. 152/2006). In specifico verranno determinati almeno i seguenti parametri:

- o metalli pesanti: Cd, Cr tot, Cr VI, Ni, Pb, Cu, Sn, Zn;
- o solventi aromatici: benzene, toluene, xilene;

- solventi alifatici clorurati: tricloroetilene, tetracloroetilene;
  - idrocarburi leggeri: C<12;
  - idrocarburi pesanti: C>12;
- test di cessione secondo quanto previsto dall'allegato 3 del D.M. 186/2006 per i seguenti parametri:
- Cd, Cr tot, Ni, Pb, Cu, Zn, cloruri, solfati;

### ***CER 170506***

Verranno mantenute operative le metodologie di controllo già in essere e collaudate che prevedono:

- controllo analitico dei fanghi sia a monte delle operazioni di dragaggio sia in cassa di colmata al fine di verificare il rispetto dei limiti previsti al punto 12.2.2 del D.M. 05.02.98, modificato dal D.M. 186/2006;
- test di cessione secondo quanto previsto dall'allegato 3 del D.M. 186/2006 per i seguenti parametri:
  - Cloruri, solfati, Cu, Zn, Ni, V, Cd, Cr tot, Pb, Hg;

### **2.b Fase di verifica ed accettazione presso il cantiere**

La procedura di verifica ed accettazione presso l'area SAPIR prevede le seguenti fasi gestite da personale SAPIR o incaricato dalla stessa:

- controllo del formulario di identificazione del rifiuto;
- ispezione visiva dei rifiuti;
- scarico dei rifiuti accettati: i mezzi accederanno alle aree di scarico avvalendosi della segnaletica interna e delle istruzioni fornite dal personale tecnico sempre presente;

Qualora il controllo della documentazione evidenziasse difformità rispetto ai criteri stabiliti per la caratterizzazione o a seguito dei controlli visivi il personale tecnico SAPIR, o da essa incaricato, dovesse rilevare una compromissione merceologica del rifiuto in

conferimento, il carico verrà immediatamente respinto riportando sul formulario la dicitura "CARICO RESPINTO".

Nel caso di conferimento di rifiuti a matrice terrosa, qualora il personale SAPIR, o da essa incaricato, dovesse rilevare in fase di controllo visivo la presenza di evidenze organiche, il rifiuto verrà preso "IN CARICO", sul formulario verrà riportata la dicitura "accettato ma sottoposto ad analisi di conformità all'autorizzazione" ed il mezzo condotto presso l'area adibita allo stoccaggio dei rifiuti in ingresso all'impianto in attesa di caratterizzazione ove avverrà lo scarico ed il successivo prelievo di un campione da sottoporre ad analisi. Il rifiuto verrà mantenuto nell'area di deposito delimitata con segnaletica e identificata con cartellonistica riportante la dicitura "MATERIALE IN ATTESA DI VERIFICA DI CONFORMITA".

Accertata la conformità del rifiuto questo verrà trasportato con mezzo di servizio interno presso l'area di riempimento; in caso contrario il carico, previo accordo col produttore, verrà avviato a smaltimento presso altro impianto di recupero o a discarica.

### **3. Gestione autocontrolli**

Sui rifiuti codificati come CER 170504 e 010412 verranno effettuati da parte di SAPIR controlli analitici ogni qualvolta venga a modificarsi il lotto di provenienza del rifiuto e, in caso di mantenimento della omogeneità del rifiuto, il controllo analitico verrà eseguito almeno ogni 2.000 tonn circa.

I controlli saranno ovviamente finalizzati alla verifica del rispetto dei limiti per i parametri già individuati nella fase di caratterizzazione ed omologa.

I campionamenti verranno eseguiti da tecnico competente incaricato da SAPIR attenendosi ai criteri previsti dalla norma UNI 10802.

### **4. Gestione documentazione**

Presso gli impianti della SAPIR il personale addetto dovrà inoltre provvedere alla gestione della seguente documentazione:

- chiusura del formulario;
- registro di carico/scarico dei rifiuti conformemente a quanto previsto dalla normativa vigente sia in termini di modalità che di tempistica;
- tenuta della certificazione analitica sia della caratterizzazione sia degli autocontrolli nonché copia della Scheda Descrittiva e Dichiarazione di non pericolosità laddove prevista;
- trasmissione al Servizio Territoriale ARPA-Distretto di Ravenna e Faenza dei certificati analitici e documentazione omologhe dei rifiuti.

#### **5. Modalità di coltivazione e presidio dell'area**

Il riempimento fino alla quota di imposta dei futuri piazzali e strade, verrà realizzato per stralci su lotti distribuiti uniformemente sull'intera area secondo una progressione razionale al fine di evitare accumuli e/o ristagni di acqua.

Indicativamente si può prevedere per ciascun lotto una quantità di materiale di circa 35.000 ton ed un tempo di riempimento medio di circa 3-4 mesi, tenuto conto della dimensione degli stessi (circa 18.000 mq).

La distribuzione del materiale verrà eseguita con l'impiego di macchine operatrici appositamente attrezzate.

L'area sarà recintata nelle zone interessate dal riempimento in modo da regolamentare l'accesso tramite apposito varco che sarà realizzato nel primo tratto di via Vitalaccia come prescritto dai competenti uffici del Comune di Ravenna.

A ridosso del varco sarà ubicato un box prefabbricato per il presidio ed il controllo degli accessi la cui responsabilità sarà attribuita tramite apposita convenzione a tecnici specializzati dipendenti della ditta CONSAR.