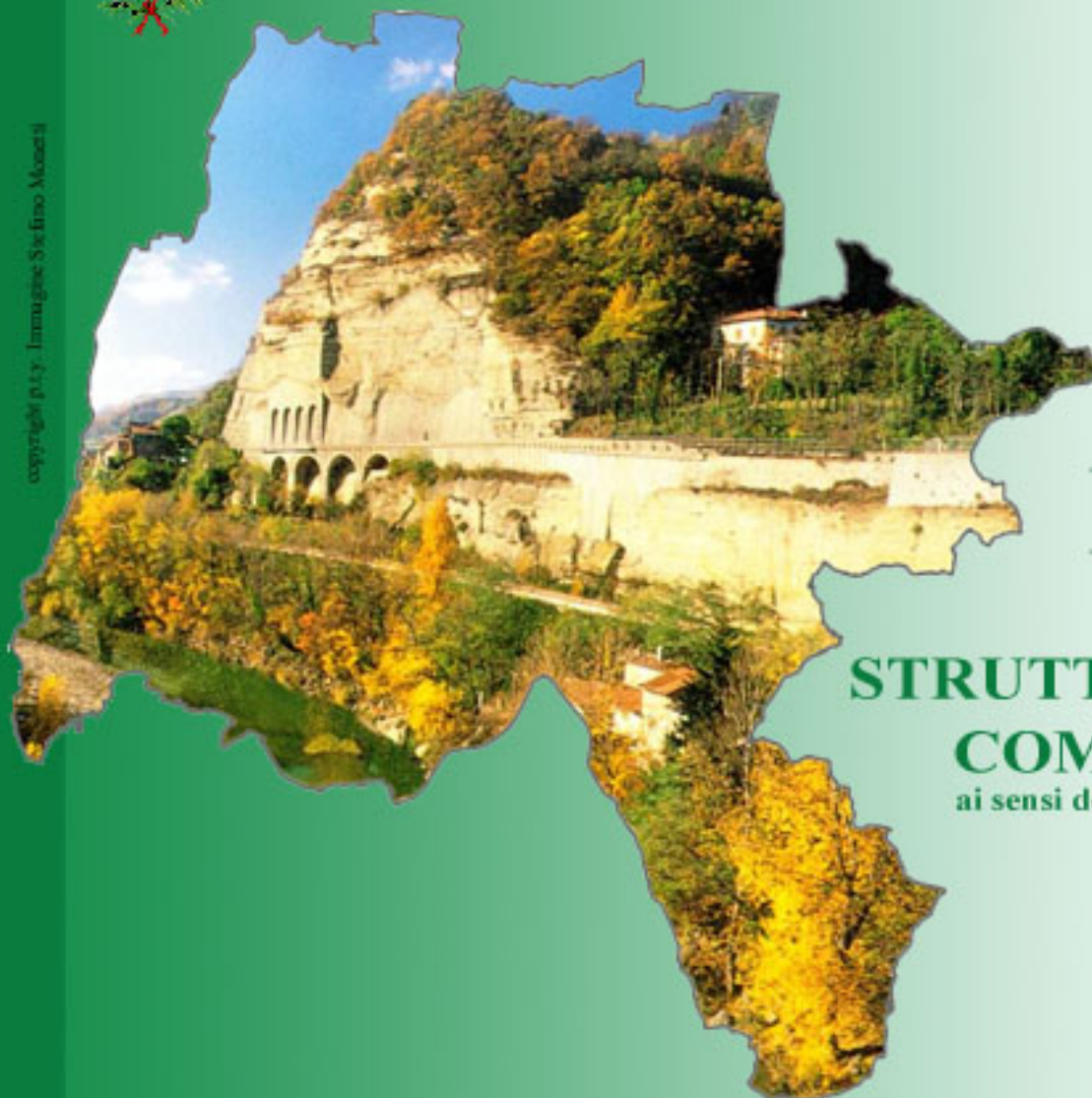




Comune di Sasso Marconi



copyright p.t.y. Immagine Sie fino Mondal



PSC
PIANO
STRUTTURALE
COMUNALE
ai sensi della L. R. 20/2000

Quadro conoscitivo

QCGI.09

**Relazione Idrogeologica specifica
relativa all'area Cartiera dell'Ambito Produttivo
sovracomunale di Borgonuovo Pontecchio**

Luglio 2007



1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La figura 1 riporta la carta geologico – morfologica ed il profilo interpretativo del primo sottosuolo trasversale al fondovalle. Il profilo, naturalmente realizzato con doppia scala: orizzontale 1:5.000, verticale 1:1.000, riporta la sintesi interpretativa del sottosuolo, compresi i rapporti tra le Formazioni geologiche. I dati di sottosuolo, potenza dei depositi alluvionali, sono desunti dai sondaggi effettuati per posizionare i piezometri del presente lavoro, e dalle informazioni di profondità dei pozzi censiti per l'elaborazione del quadro conoscitivo del PSC di Sasso Marconi.

Le Formazioni geologiche attraversate sono essenzialmente due:

1. Formazione di Pantano disposta in sinistra Reno. Si tratta di arenarie fini e finissime in matrice siltosa, alternate ad argille marnose grigie, stratificazione poco marcata a causa della bioturbazione, al letto possono essere presenti numerosi bioclasti di gasteropodi, echinodermi e lamellibranchi.
2. Argille scagliose, molto diffuse le argilliti verdastre a luoghi varicolorate, contenenti pezzame di varie litologie e lembi di stratificazioni calcaree, o pelitico arenacee. La stratificazione, quando percepibile, si presenta spesso contorta, rovesciata, con aspetto caotico, variamente deformata e stirata.

I rapporti reciproci tra le due unità geologiche sono nascosti dai depositi quaternari di fondovalle, frutto della sedimentazione del fiume negli ultimi 10.000 anni, per la porzione più bassa e limitrofa al corso d'acqua, e in epoche pre – Würmiane per i terrazzi più rilevati.

L'alveo attuale e la destra idrografica si sviluppano quindi su unità geologiche pressoché impermeabili (argille Scagliose), non ci si deve attendere quindi possibilità di significative riserve idriche sotterranee, escludendo quelle di sub alveo insediate nelle alluvioni del F. Reno.

In sinistra idrografica invece la F. di Pantano, può costituire una “roccia magazzino” di qualche rilevanza, a causa della fratturazione che la pervade a zone, anche le sovrastanti formazioni plioceniche hanno qui scheletro e tessitura sabbiosa, tanto da costituire un'importante e diffusa risorsa, come dimostrano le numerose sorgenti censite nelle vallette confluenti. In conclusione le colline ed il fondovalle in sinistra Reno costituiscono un complesso di rocce magazzino che contribuiscono, con ogni probabilità, al mantenimento del deflusso fluviale nei periodi di magra e nella stagione estiva, oltre che, naturalmente a distribuire acque sorgive in superficie.

L'esecuzione dei sondaggi ha messo in luce (figure in appendice) come il terrazzo idrogeologicamente connesso all'alveo sia formato da tre sequenze successive di sedimentazione alluvionale (successione ghiaie – sabbie – limi), tutte caratterizzate da superfici di base erosive, originariamente potenti anche



oltre 3,5 metri, di cui oggi sono documentati dai sondaggi solo intervalli compresi tra 1,8 e 3 metri. Queste sequenze deposizionali, erose al tetto dalle sequenze successive, formano un acquifero che è la sede di una falda direttamente comunicante con l'alveo del Reno, in rapporto con quattro diverse fonti:

- infiltrazione dalla superficie topografica,
- scambio reciproco con l'alveo del Reno,
- rifornimento dai rii, e dal retrostante sistema di versanti e terrazzi alluvionali,
- ravvenamento dalla sottostante roccia magazzino (F. di Pantano).

Il problema idrogeologico che pone un nuovo insediamento produttivo in un terrazzo alluvionale collocato in prossimità del corso d'acqua è in sostanza riconducibile a:

- ◆ definizione dei rapporti reciproci tra queste fonti di approvvigionamento idrico e nuovo insediamento,
- ◆ vulnerabilità dell'acquifero alla contaminazione dalla superficie o dalle reti sotterranee,
- ◆ influenza che l'edificazione può apportare alle componenti ambientali locali,
- ◆ compensazioni ed attenuazioni che possono essere proposte ed attuate a partire già dalla fase di progettazione di massima.

2. DISCUSSIONE SULLA RICARICA DELL'ACQUIFERO DI FONDOVALLE.

Le fonti di ravvenamento della freatica insediata nelle alluvioni di fondovalle Reno, ed in particolare dei terrazzi di sinistra compresi lungo l'ideale congiungente Palazzo Fibbia – Altopiano Marconi – Case Nuove – Fornace Marescalchi – laghi dei vuoti di cava – F. Reno, sono:

- ◆ Infiltrazione verticale dal suolo dell'acqua di precipitazione meteorica
- ◆ Transfert con il Reno e affluenti
- ◆ Infiltrazione dal derma pedologico e dal ruscellamento superficiale del versante sovrastante
- ◆ Transfert con rocce magazzino delle colline retrostanti (sorgenti sotterranee)
- ◆ Transfert dai rii e conoidi intravallivi.

Ognuna di queste voci verrà discussa in un paragrafo specifico, ove possibile, indicando le quantità dei trasferimenti di massa ed il raggio di influenza della componente ambientale.

2.1 Infiltrazione verticale dal suolo.

Sotto il primo intervallo di suolo più superficiale ed areato, lo spostamento dell'acqua nei pori risponde alle variazioni di pressione che, nel sedimento insaturo, sono inferiori alla pressione atmosferica: il sedimento povero

d'acqua letteralmente richiama umidità verso di se (suzione), tendendo naturalmente a compensare il gradiente di pressione. Ad esempio, l'evapotraspirazione delle piante determina un relativo inaridimento del suolo e richiama verso la superficie topografica l'acqua più profonda, anche dalla frangia capillare del freatico. Analogamente in occasione dei precipitazioni l'infiltrazione verso il basso è regolata più che dalla gravità, dal potenziale matriciale (suzione "S") dei sedimenti insaturi.

La stima dell'acqua di infiltrazione che raggiunge il tetto del freatico (infiltrazione efficace "I_e") può essere effettuata calcolando, nel sedimento insaturo, velocità di avanzamento dell'infiltrazione verticale dell'acqua di precipitazione meteorica, o meglio del fronte umido e del fronte saturo, che è dipendente da "S", dal grado di saturazione iniziale "θ", dalla conducibilità "k" e dalla porosità del sedimento .

L'area in oggetto presenta tutte le condizioni litologiche e tessiturali perché si possa realizzare l'infiltrazione efficace delle precipitazioni superficiali fino al tetto della falda freatica. I sondaggi hanno infatti messo in luce la presenza di almeno tre strati pedologico - idrogeologici insaturi e permeabili:

C1 = limi più o meno argillosi caratterizzati da un'alta densità di meati prodotti dagli impianti radicali dell'erba, e da sostanza organica in decomposizione, quindi da alta conducibilità secondaria. Lo strato ha potenza variabile tra 20 e 40 cm, nel calcolo è stato imposto uno spessore di 30 cm. Il sondaggio S3 ha uno spessore di riporto di circa 1,5 metri che falsava completamente gli spessori naturali, questo sondaggio non è stato considerato nel calcolo generale sull'area;

C2 = limi a scheletro sabbioso passanti verso il basso a limi sabbiosi. Potenza attorno a 120 cm;

C3 = sabbie o sabbie con ciottoli e ghiaie sabbiose insature di potenza variabile, considerati cautelativamente 100 cm.

C4 = sabbie o ghiaie sabbiose sature, freatico. L'acquifero è costituito da tre sequenze deposizionali sovrapposte corrispondenti a tre diverse fasi di attività deposizionale del F. Reno, lo spessore dell'acquifero saturo è variabile tra 4,5 e 5 metri circa.

I primi tre intervalli tessiturali (C1, C2, C3) costituiscono la zona insatura oggetto di questo paragrafo. Come si intuisce la stratificazione vede un profilo idrologico a permeabilità crescente verso il basso (tra C2 e C3), fino al tetto della falda. In particolare lo strato C3 costituisce già l'acquifero propriamente detto, anche se in condizioni non sature.

La stima dell'infiltrazione per un terreno di modesta acclività può essere effettuata con il modello di calcolo semplificato (configurazione del fronte di saturazione "a pistone"), che consente sia l'inserimento di più strati sia la saturazione "dal basso" di C1, elaborato da G. Dagan e E. Bresler (1983). I parametri necessari per il calcolo di ogni strato sono: porosità, conducibilità

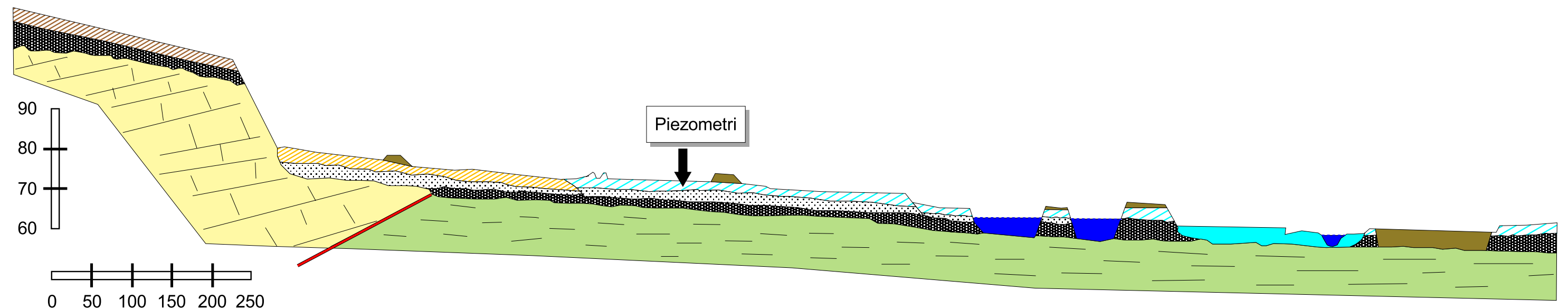
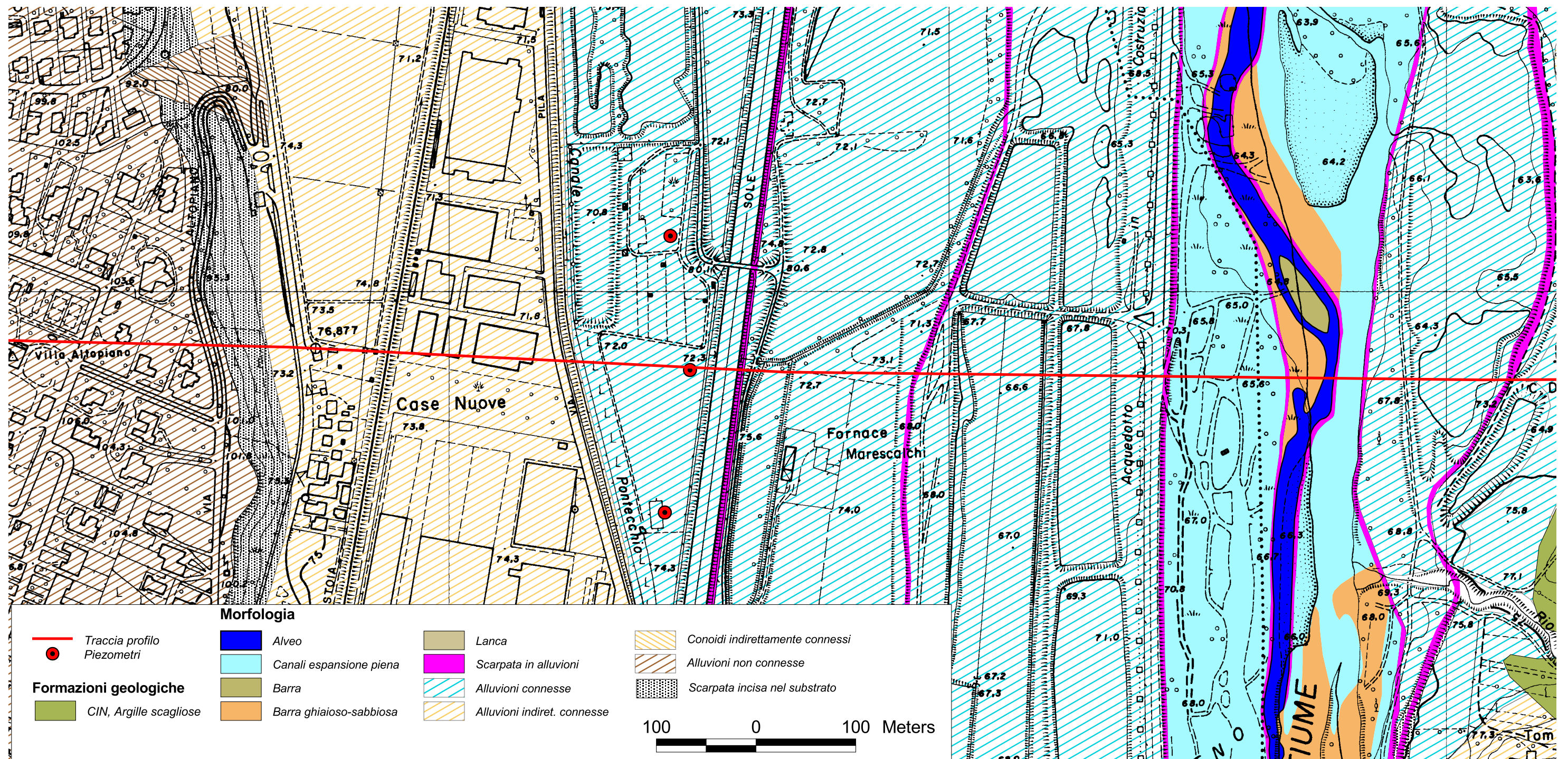


Figura 1 - Contesto geologico e morfologico del sito di progetto

satura (k_s), contenuto d'acqua naturale dei sedimenti iniziale (θ_i) e residuo (θ_r), il potenziale matriciale medio dei sedimenti sottostanti il fronte saturo (FS_m) ed iniziale (FS_i). I valori dei parametri sono stati desunti:

- ◆ per S si sono tratti, in funzione delle tessiture, dall'ampia letteratura [C1 ($FS_i = 15\text{cm}$), C2 ($FS_m = 45\text{ cm}$, $FS_i = 120\text{ cm}$)] per lo strato C2 si è effettuato un controllo che ha confortato i valori di FS_i utilizzati;
- ◆ per k_s si è effettuata una prova di infiltrazione con permeametro a doppio anello realizzata direttamente al suolo, tagliando l'erba e ricoprendo con uno spessore di sabbia di due cm, ha fornito $4 \cdot 10^{-5}\text{ m/s}$, riferibile all'intervallo C1. Per C2 una prova effettuata nel sondaggio S1 ha fornito valori di k_s attorno a 10^{-5} m/s ; per C3 analoga prova a carico costante, effettuata nel foro S2, ha fornito k_s di circa $8 \cdot 10^{-5}\text{ m/s}$. Questi valori comunque dipendono molto dall'ampiezza e significatività della "tasca" in cui avviene la prova, nel caso di C3 essa aveva volume necessariamente modesto ed il sedimento era fortemente disturbato dall'attrezzo di scavo, è possibile che la conducibilità possa avere valore di 10^{-4} m/s ;
- ◆ per il grado di saturazione si sono utilizzati valori di letteratura, per C1 70%, per C2 il valore medio 81% (confortato dalle misure di laboratorio eseguite su campioni di sedimenti disturbati ma ben conservati), per C3 90%.

Per l'esecuzione del calcolo è comunque indispensabile accettare le seguenti semplificazioni: modello di avanzamento del fronte saturo a pistone (superficie piana del fronte, presenza di lama d'acqua in superficie); contenuto iniziale d'acqua nei sedimenti e suzione iniziale costanti in tutto lo strato (anche se è noto che, in realtà, sono presenti variazioni anche consistenti, legate a leggere fluttuazioni del contenuto d'argilla nella matrice).

Per i nostri scopi è discriminante la stima della durata della pioggia (t_p), e dell'intensità della pioggia (I), che deve superare la conducibilità (k_s) del primo strato, necessaria per raggiungere la condizione di formazione delle condizioni a pistone (ponding time = t_p), e quindi di un fronte saturo in avanzamento verso il basso. Anche nel caso di saturazione dal basso del suolo (C1 dotato di maggiore permeabilità di C2) il t_p resta una valutazione essenziale poiché tutte le piogge di durata ed intensità non sufficienti alla sua formazione producono solo fronti umidi il cui possibile contributo alla falda si valuta in termini di settimane, cioè di tempi e quantità d'acqua di transfert molto lunghi e variabili, in pratica calcolabili solo con modelli agli elementi finiti.

Si sono fatte due simulazioni di formazione del fronte saturo: (a) una dall'alto, (b) l'altra dal basso, cioè dall'interfaccia C1 – C2.

(a) Nel caso in esame, con C1 di spessore 30 cm dotato dei parametri idrodinamici visti sopra, occorre una pioggia di intensità costante $\geq 50\text{ mm/h}$

e durata superiore a 45 minuti, per avere le condizioni $t > t_p$, e la formazione di un fronte saturo alla profondità di circa 40 cm dalla superficie, cioè ben dentro il tetto dello strato C2. Tutte le precipitazioni con intensità minore e/o durata inferiore non riuscirebbero a saturare il suolo superficiale e l'interfaccia tra questo ed il C2. Si possono dunque eliminare le manifestazioni di intensità oraria e durata inferiore a quelle calcolate.

(b) Ma anche le manifestazioni prolungate che superino le 2,20 ore, e di intensità pari o superiore a 36 mm/h, possono provocare saturazione di C1 dal basso, cioè dall'interfaccia C1 – C2 (minore conducibilità), e quindi riproporre le condizioni di “piston flow”, idonee alla formazione di un fronte saturo costante entro C2.

In conclusione, tra gli episodi utili si possono quindi comprendere due condizioni di accadimento: le piogge di intensità ≥ 36 mm/h e durata superiore a 2,20 ore, e quelle di intensità ≥ 50 mm/h e durata maggiore di 45 minuti.

Nelle condizioni comprese tra (a) e (b) può formarsi il fronte saturo, che però per potersi sviluppare verso il basso, deve essere alimentato con costanza di afflusso. Dopo almeno 4 ore di alimentazione costante si supera anche lo strato C2, mentre il fronte umido ha già portato C3 ad un grado di saturazione di poco superiore al 90%. Anche la saturazione di C3 potrà avvenire solo dal basso, cioè dalla falda, dato che k_s è maggiore in C3 rispetto a C2. Occorre che la trasmissività del freatico (C4) consenta allo strato C3 di saturarsi con un afflusso dall'alto come quello che può attraversare C2 (cioè $k_s \approx 10^{-5}$), se queste condizioni si realizzano allora si può avere la saturazione dal basso realizzando le condizioni di pieno trasferimento di massa dell'acqua dalla superficie alla falda. Ma simili condizioni difficilmente possono verificarsi, ed il transfert di massa dell'acqua di infiltrazione avverrà solamente tramite un fronte umido con grado di saturazione presumibile attorno al 92%, per carenza di alimentazione da C2. Una stima approssimata delle velocità porta a stimare in almeno 2 ore il tempo di attraversamento di C3.

L'orizzonte limitante del sistema per infiltrazione risulta quindi essere lo strato C2, l'entità dell'infiltrazione massima raggiungibile è dunque regolata dai parametri idrodinamici di questo orizzonte tessiturale.

Al termine della precipitazione piovosa si creano pressioni positive nei pori, inizia la desaturazione dei sedimenti; in corrispondenza del fronte saturo, in poco tempo, le pressioni neutre si annullano, e la suzione in superficie inizia ad avere valori compresi tra -5 e -7 kPa. Nel nostro caso dopo circa 3 ore la desaturazione dovrebbe aver raggiunto C3 (alla profondità di 2,5 m dal p.c.; 2,2 m dall'interfaccia C1 – C2). In sintesi, si arresta il rifornimento al freatico e si inizia il percorso di ristabilimento delle condizioni iniziali, percorso che si dovrebbe concludere molte ore/giorni dopo la cessazione della

pioggia, in funzione delle condizioni di temperatura e di “stato vegetativo” del sito.

Per stimare il contributo alla falda determinato da un evento delle caratteristiche volute (a) oppure (b), che si prolunghi per almeno 1 ora dopo il la completa saturazione fino al letto di C2 e l’attraversamento di C3, comunque sottosaturo (7 o 9 ore dopo l’inizio dell’evento con intensità continua compresa tra 36 e 50 mm/h), produrrebbe un incremento pari alla portata $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ d'acqua ogni m}^2 \text{ di superficie}$, con la velocità effettiva, al letto di C2, di 0,24 m/h ($V_e = k_s \Delta i / n_e$).

Se si considera che gli eventi dotati delle caratteristiche volute (a) e (b) sono assai poco frequenti nell’anno idrologico, e comunque variabili per numero e durata nei diversi anni idrologici, è molto difficile produrre valori medi utilizzabili ai nostri scopi. Nella realtà condizioni di continuità di afflusso dalla superficie si realizzano o in occasione dello scioglimento di coperture nevose nei mesi primaverili¹, oppure in occasione di precipitazioni con distribuzione particolare: intensità variabile ma comunque sostenuta per molte ore, oppure brevi intense alternate entro un episodio prolungato, comunque sufficientemente intenso da mantenere il fronte saturo in profondità. Ma tutte quelle considerate (a parte le coperture nevose) sono condizioni di contemporanea formazione di piene straordinarie nel Reno, in questo senso si può più semplicemente conteggiare gli eventi di piena straordinaria (non eccezionale) nell’anno idrologico (mediamente 3), ed avere così le occasioni in cui si può avere il rifornimento della falda.

In conclusione una valutazione media degli eventi di piena occorsi nel Reno, porta a stimare un contributo corrispondente circa al 11,54% dell’afflusso medio annuo pari a 870 mm (910 mm tra il 1921 ed il 1980); in altre parole *la precipitazione effettivamente efficace per la falda corrisponderebbe a poco meno del 12% della precipitazione totale*. Completando una stima di bilancio del solo fondovalle connesso (terrazzi più recenti del Reno) si può stimare che della precipitazione totale annua, un altro 13% circa costituisca la componente infiltrata che scorre verso alvei, canali, fossi, senza mai giungere alla falda; il 60% circa costituisca evapotraspirazione (ETR calcolato con la classica formulazione di L. Turc); il restante 15% formi la portata di deflusso superficiale, pressoché immediato, nel ruscellamento fino al più vicino canale.

2.2 Rapporti del freatico con l’alveo del Reno.

Nell’area di studio il 21/06/2005 sono stati eseguiti tre sondaggi (S1, S2, S3), nei fori dei primi due sono stati collocati piezometri semplici a tubo fenestrato e filtro di ghiaietto fine, chiusi al fondo ed in testa con semplice tappo avvitato, denominati P1 e P2, finalizzati al controllo delle quote

¹ Ad esempio nel marzo del 2003 per una durata di circa 12 giorni, con afflussi paragonabili a 40 mm/h, nelle ore diurne e circa 0 mm/h in quelle notturne e quindi con ricarica effettiva della falda per almeno 6 ore/giorno.



piezometriche. Le stratigrafie dei tre sondaggi, riportate nelle figure in appendice, dimostrano la presenza di falda libera insediata in un acquifero costituito da tre sequenze deposizionali gradate (sabbioso – ghiaiose). Il controllo periodico, ed in diverse condizioni meteorologiche, ha messo in luce una grande stabilità della quota della falda freatica sia stagionale, sia in relazione alle diverse condizioni idrometriche del Fiume.

L'escursione massima registrata in circa 6 mesi di controlli è risultata di 68 cm, registrata tra il mese di agosto 2005 (quota minima P2 = 68,7 m slm), e la piena di dicembre 2005 (quota massima P1 = 69,35 m slm), la quota media è stata assunta a 69 m slm. I dati più significativi raccolti sono i seguenti:

01 - 02		Piogge e neve con permanenze lunghe
05 - 06		Piogge condizioni di mantenimento
27/06	P1 e P2 = 69, 21	Lago cartiera in piena (circa 71,5)
20/07	P1 = 69,11; P2 = 69,03	Lago cartiera e Reno in morbida
20/08		Pioggia breve intensa durata 40 minuti con coda di circa 1 ora, Reno in morbida
26/08	P1 = 68,77; P2 = 68,7	Lago in magra, quota circa 70,3 forse meno, Reno in magra
08 - 09		Pioggia intensa in prolungata 17 e 18/09, prosegue anche 19/09
19/09	P1 = 68,83; P2 = 68,87	Lago quota normale (circa 71,3), Reno leggera piena (17/09), morbida con torbida 19 e 20/09
25/09	P1 = 68,89; P2 = 68,9	Lago normale (circa 71), Reno morbida
27/10	P1 = 69,08; P2 = 69,08	
10 - 11		Piogge prolungate con distribuzione variabile fino a pochi giorni prima
7/11	P1 = 69,18; P2 = 69,20	Lago pieno
11 - 12		Piogge prolungate ripetute nella settimana precedente, 26/27/11 nevicata, piogge
3/12	P1 = 69,36; P2 = 69, 29	Brevi intense e prolungate, Piena straordinaria Reno,
4/12	P1 = 69,35; P2 = 69, 35	Lago pieno

Ferma restando l'approssimazione delle misure, al massimo ± 5 cm, assunte con freatimetro con graduazione centimetrica, che può spiegare alcune discrepanze tra le quote di P1 e P2, l'evoluzione delle quote rilevate, anche in riferimento agli eventi pluviometrici più significativi, non dimostra un ruolo diretto significativo del Reno. Esiste invece una certa assonanza tra l'andamento del freatico e le pulsazioni del limitrofo lago della cartiera, notata e rilevata, sia pure approssimativamente, nei mesi estivi, quando il piazzale e le sponde ricoperti di riporto molto limoso erano facilmente

percorribili. Nei mesi invernali non si sono potute rilevare le quote d'acqua del lago in riferimento alla sponda (stimata in 73,8 m slm), per le difficoltà oggettive di percorribilità della sponda per utilizzare le aste di riferimento.

I naturali rapporti idrogeologici dell'area in oggetto con il contesto circostante sono pesantemente condizionati, dalla:

- ◆ presenza dei laghi ottenuti dai vuoti da cava lungo il lato verso il Fiume,
- ◆ presenza di un canale artificiale, impermeabilizzato e pensile, nel lato verso monte,
- ◆ presenza di un lago artificiale, con probabilità semi impermeabile, nel lato verso valle (lago connesso alle attività della vicina cartiera), alimentato anche dal canale su detto.

Solamente il lato verso monte del terrazzo alluvionale appare libero da strutture artificiali che possano influire a livello idrogeologico.

La quota della tavola d'acqua del freatico rilevata (69 m slm) è almeno 4 metri più alta della quota idrometrica di morbida del Reno (65 m slm), in corrispondenza della zona in studio. La distanza tra piezometri di misura ed alveo è di circa 600 metri, il gradiente medio è 0,66%, ma la presenza dei vuoti di cava trasformati in laghi influisce su questa misura: il gradiente tra laghi e alveo è 0,54%, e quello tra piezometri e lago è 0,83%, (assumendo l'approssimativa quota d'acqua del lago dalla sponda quotata con semplice asta graduata). In altre porzioni di fondovalle, rimasti in condizioni ancora naturali, i rapporti tra Reno e freatico misurati con i pozzi esistenti, mostrano gradienti non superiori a 0,56%, nell'ambito del medesimo terrazzo alluvionale.

La presenza dei laghetti del maglio, in fregio alla sponda Reno interferisce con certezza sui rapporti idrogeologici fiume – alluvioni di perialveo, e sulla falda insediata nelle ghiaie del terrazzo. Nei laghi, la trasmissività (T) è elevatissima (in pratica infinita) ciò provoca un aumento di portata. Tale incremento, in condizioni di regime stazionario, viene compensato da un aumento di pendenza (abbassamenti) della falda libera del terrazzo alluvionale (lato versante montuoso) e corrispondenti sollevamenti della falda nel lato verso valle (alveo). Inoltre nei vuoti di cava, soprattutto se “vecchi”, il continuo deposito di parti fini sul fondo, ma anche sulle le pareti, diminuendo la trasmissività, attenua gli effetti di richiamo freatico operato dal lago. L'impatto provocato dalla disposizione dei vuoti di cava sui rapporti fiume – terrazzo appare dunque alto, essi infatti inibiscono i trasferimenti sia di massa, sia di pressione, anche se non sono impermeabilizzati.

I differenziali locali di quota piezometrica, e più in generale la stessa disposizione delle isofreatiche lungo tutto il fondovalle, dimostrano che il Reno ha in genere ruolo drenante (riceve acqua) rispetto al suo perialveo. Questo ruolo può divenire temporaneamente infiltrante (cede acqua alle alluvioni di perialveo) solamente in occasione di piene in cui la quota

idrometrica locale sale ed eguaglia o supera i 66,5 metri. Nelle piene straordinarie la quota d'acqua può anche superare i 68 metri (ad esempio nella piena del 3/12/2005) ed invadere la zona dei laghi, determinando condizioni fortemente infiltranti.

In questi casi è opportuno valutare l'entità dell'influenza del Fiume verso la falda. Le ricerche eseguite in situazioni di perialveo del Reno ancora naturali² hanno consentito di rilevare alcuni parametri idrodinamici, con semplici campioni e prove di superficie, che consentono il calcolo teorico dell'influenza delle variazioni idrometriche del fiume sulla falda in termini di accumulo di sponda (bank storage).

Le variazioni di forma della tavola d'acqua del freatico indotte dal passaggio di un'onda di piena di tipo sinusoidale, possono essere calcolate (D. K. Todd, 1955) con l'applicazione dell'equazione generale di flusso (in mezzi porosi) di tipo unidimensionale, ammettendo che il flusso si mantenga costante in sezioni successive perpendicolari al corso d'acqua. Considerate le condizioni semplici dell'acquifero libero di perialveo entro un medesimo corpo alluvionale terrazzato, conoscendo immagazzinamento (S) e trasmissività (T), si può ottenere il tempo "t" che impiega il colmo di portata a raggiungere una nota sezione distante X_i dalla sponda del Reno

$$t_i = X_i \sqrt{\frac{t_0 S}{4\pi T}}$$

Da questa si ottiene, noti anche i livelli idrometrici medio h_c e iniziale (piena) h_0 , il volume di acqua in transfert di massa (prima in ingresso poi in uscita) Reno - terrazzo – Reno, per unità di lunghezza della sponda,

$$V = (h_0 - h_c) \sqrt{\frac{2t_0 TS}{\pi}}$$

Le misure effettuate lungo i terrazzi di perialveo, con semplici punti di controllo allineati ortogonalmente all'alveo (baionette inserite a percussione), in occasione di piene ordinarie del Reno (livello medio = considerato quello di morbida tendente alla magra), hanno consentito di ricavare le distanze di influenza del freatico in funzione delle differenze di altezza idrometrica del Fiume. Estrapolando questi dati alle condizioni di piena straordinaria (cioè considerando isotropo l'acquifero di perialveo), utilizzando le misure di k_s in sito e della porosità della matrice sabbiosa, si sono ricavati i parametri idrogeologici T (k_s *spessore acquifero) ed S ($S \equiv$ porosità efficace), necessari per il calcolo di volume, velocità, spazio e tempo del trasferimento di massa (passaggio di acqua dal fiume alla falda), e stimare il transfert di pressione entro la falda.

² Per il territorio di Sasso Marconi, i terrazzi in destra e sinistra di località Vizzano, nel terrazzo di Fontana.

Innalzamenti idrometrici di 2 metri, della durata di 12 ore possono interessare uno spazio di circa 40 – 50 metri dalla sponda del terrazzo per il transfert di massa idrica (“S” con valori di 0,21), comunque non oltre gli 80 metri ($S = 0,25$) e, si valuta, non oltre 300 metri per il transfert di pressione. I volumi d’acqua di transfert di massa ottenuti dal calcolo teorico sono dell’ordine di 8.000 mc per ogni chilometro di sponda, almeno per le alluvioni di età equiparabile a quella del terrazzo di perialveo (ultimi 1.000 anni).

Tutte le considerazioni su esposte sono molto sotto dimensionate quando si è in presenza di “lag” di paleoalvei, dotati di trasmissività $T \leq 7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, queste strutture sedimentarie infatti provocano processi di saturazione estremamente rapidi entro la massa alluvionale, che moltiplicano il volume destinato al transfert nell’unità di tempo.

L’area del terrazzo alluvionale in studio resta, dunque, esterna alla fascia di influenza teorica prodotta dal F. Reno in occasione di innalzamenti idrometrici significativi (2 metri). Questo asserto è pienamente confermato dall’osservazione dei due piezometri posizionati in figura 1, protratta per circa 6 mesi, che non ha riscontrato variazioni associabili agli eventi di piena del Fiume. Persino la piena straordinaria del 3/12/05 che ha invaso la parte bassa del sistema di terrazzi idrogeologicamente connessi all’alveo del Reno, non ha avuto la durata temporale sufficiente per determinare un’influenza diretta sul freatico dell’area in oggetto.

Il lago della cartiera, posizionato in continuità con l’area di studio, benché impermeabilizzato, ha dimostrato comportamenti in tutto coerenti con quelli registrati nel freatico, anche se le quote del lago sono decisamente maggiori di quelle statiche della falda.

In conclusione le alluvioni terrazzate del sito esaminato sono in continuità geologica con la fascia di perialveo, e costituiscono il medesimo acquifero. *La falda freatica dell’area in oggetto non è influenzata direttamente dagli andamenti idrometrici del F. Reno*, che anzi svolge un ruolo drenante anche in occasione di piene straordinarie. Il lago della cartiera, benché sia dichiarato impermeabile, presenta comportamenti idrometrici coerenti con quelli registrati nel freatico, anche se le quote rilevate appaiono decisamente diverse con una costante prevalenza del lago sulla falda. Il bank storage normale è dell’ordine di 8.000 mc/km di sponda, e la fascia interessata ha un’ampiezza dell’ordine di $50 \div 80$ metri dalla scarpata dell’alveo di morbida, per variazioni di altezza idrometrica di 2 metri.

2.3 Rapporti con le rocce magazzino, con i rii, con i versanti ed i terrazzi alluvionali sovrastanti.

La possibilità che si verifichino contributi di piena alla freatica dei terrazzi alluvionali, da parte di sorgenti sotterranee legate all’imponente apparato del magazzino idrogeologico costituito dalla sinclinale pliocenica e dalle rocce

preplioceniche associate, presente in sinistra Reno, è molto più che una supposizione. Benché manchino le prove dirette o di bilancio, tuttavia alcune evidenze emerse con il rilevamento consentono di proporre anche questa fonte di ravvenamento, per le alluvioni di fondovalle, anche (ma non solo) lungo profilo ideale esaminato per questo lavoro.

Dagli studi effettuati per il quadro conoscitivo al PSC di Sasso Marconi risulta che, alcuni terrazzi pensili, non presentano connessioni idrogeologiche accertate con le alluvioni del fondovalle sottostante né dirette (da alluvione ad alluvione, per permeabilità primaria), né indirette (attraverso il substrato roccioso, per permeabilità secondaria). Queste unità morfologiche appaiono idrogeologicamente isolate, come testimoniato anche dalle forti escursioni stagionali del livello statico della falda freatica (anche superiori ai due metri), per questi terrazzi si può parlare di “falda sospesa” o “pensile”.

Nel nostro profilo di fondovalle, questa situazione pare rappresentata dal terrazzo compreso tra le località Palazzo Fibbia e Palazzo Bevilacqua. A riprova di quanto asserito il rilevamento geologico e la stessa topografia mostrano la presenza di piccole sorgenti effimere ed una serie di zone umide lungo contorno verso valle del terrazzo alluvionale, a dimostrazione che se pure esiste permeabilità secondaria nel substrato, essa non è sufficiente a smaltire in profondità gli afflussi dal versante infiltrati nelle alluvioni.

Il terrazzo su cui è insediato “Altopiano Marconi” presenta invece escursioni stagionali modeste, come risulta da rilievi stagionali effettuati nel 1994 e ripetuti nel 2003. Ciò significa che esiste un rifornimento non solo al contatto versante – alluvione (scarpata del sovrastante terrazzo di Palazzo Fibbia), ma anche sotterraneo (dalla roccia magazzino fratturata: F. di Pantano) che stabilizza il livello piezometrico del sistema alluvioni – roccia magazzino di monte. Infatti se così non fosse il terrazzo si svuoterebbe nei rii Bazzano ed Enu, oppure frontalmente. L’assenza di sorgenti o zone umide nella scarpata sovrastante la Porrettana (SS 64), compreso il piccolo conoide immediatamente a nord del tornante della via Altopiano, conferma questa ricostruzione. La principale portata di deflusso delle acque sotterranee deve avvenire attraverso la roccia magazzino, verso il terrazzo sottostante (località Case Nuove), che probabilmente riceve un significativo contributo proprio lungo il contatto sepolto tra argille scagliose e F. di Pantano (forse a quote poco inferiori di 72 m slm). Le argille scagliose sono state incontrate nel lotto in studio circa a quota 65 m slm, ma l’erosione fluviale avrà certamente agito prima della deposizione dell’acquifero stesso.

Il terrazzo sovrastante Borgonuovo, corrispondente a quello di Altopiano Marconi, mostra un comportamento diverso: lungo il piede di raccordo con il terrazzo sottostante (quota 92 – 94 m slm) sono segnalate leggere venute d’acqua e zone umide (via Clò e via Giovanni XXIII). Queste confermano che anche qui i rapporti tra i due terrazzi avvengono attraverso il substrato

roccioso, ma in questo caso non in modo sotterraneo, ma superficialmente. Forse il contatto tettonico tra Pantano ed argille scagliose tende ad alzarsi di quota, procedendo verso nord, fino al confine amministrativo, qui infatti, in Rio Bolsenda, un chiaro affioramento ne dimostra la presenza fin oltre quota 131 m slm.

Il terrazzo alluvionale più basso di quota topografica, quindi il più recente di formazione, cioè anche quello dell'area in studio, ha una sua continuità come acquifero, anche se certamente composto da almeno due distinte unità morfologiche, oggi mal distinguibili per l'intensa artificializzazione subita dall'intera area. La continuità idrogeologica è testimoniata dai dati relativi alla tavola d'acqua e dalle stratigrafie di sottosuolo note.

I dati piezometrici noti, desunti dai pozzi censiti nel 1992, 1993, 1994, 2003. ed in particolare quelli rilevati nei due piezometri eseguiti per questo lavoro, indicano che le escursioni stagionali medie sono molto modeste, poco superiori ai 60 centimetri, solamente nel 1992 si sono registrate punte in diminuzione di 1,5 metri. L'ampiezza e continuità dell'acquifero indurrebbe a far ritenere che l'escursione stagionale sia maggiore, in particolare in occasione delle forti magre che hanno caratterizzato il F. Reno nei periodi siccitosi estivi. L'ipotesi che i laghi svolgano un ruolo importante di calmierazione non è sostenibile, poiché, come visto essi abbassano la quota piezometrica nel lato verso monte. E' probabile, invece, che sia l'esistenza di un ravvenamento sotterraneo della falda, ad esempio lungo il contatto tra rocce magazzino e substrato argilloso, a mantenere alto il livello piezometrico anche durante le forti drenanze estive operate dal Reno. *L'area di progetto è disposta in posizione distale rispetto l'ipotetica zona del citato contatto tettonico, risulta quindi ininfluenza su queste modalità di ricarica.*

Le alluvioni di fondovalle Reno, oltre che dalle componenti efficaci delle precipitazioni piovose e dalle sorgenti sotterranee, sono alimentate dal ruscellamento lungo i versanti, dalla filtrazione lungo il "derma" pedologico del versante stesso, e dai piccoli Rii e canali che le attraversano per confluire in Reno.

Le prime due fonti di alimentazione (da ruscellamento e da filtrazione nel derma pedologico = Q_{rf}) hanno una ristretta zona di rapporto con il terrazzo: l'unghia di raccordo alluvioni versante. Non è possibile, allo stato delle conoscenze, quantificare questi contributi dipendenti da parametri troppo locali e variabili in funzione della topografia, delle tessiture e litologie, della quantità di sostanza organica e dall'uso del suolo. Ma i contributi quantitativi alla falda possono essere superiori a quelli calcolati per l'infiltrazione dalla superficie: in questi casi si avrebbe infatti sempre la formazione di un "piston flow" in superficie a causa della concentrazione del contributo di un intero versante in uno spazio ristretto. Ciò significa che tutte, o quasi tutte, le

precipitazioni piovose divengono “efficaci”. *L’area in esame è estranea a queste zone di ricarica.*

I rii e canali che attraversano i terrazzi alluvionali, ed in particolare le unità morfologiche più ampie, possono avere comportamento infiltrante o drenante, hanno cioè comportamenti assimilabili a quelli studiati per il F. Reno nel paragrafo 2.2. In questo caso però la presenza di conoidi intravallive consente un più sicuro, ampio ed efficiente raccordo con le alluvioni dei terrazzi. Le conoidi intravallive costituiscono importanti apparati distributori sotterranei dell’acqua dei rii affluenti nel Reno, esse rappresentano una voce molto importante del bilancio idrologico del sistema alluvionale di fondovalle. *L’area in oggetto è estranea a questo tipo di ricarica.*

Tutti questi contributi non sono stimabili quantitativamente, se non procedendo a lunghe e costose prove di bilancio idrogeologico, ad oggi mai eseguite in nessuna parte del fondovalle Reno. La possibilità di esprimere una valutazione di merito relativa ai vari possibili contributi resta affidata alle congetture ed alla sola esperienza personale.

2.4 Conclusioni.

La falda freatica del terrazzo alluvionale, su cui è collocato il sito di progetto, presenta i seguenti rapporti idrologici:

- ◆ contributo diretto di infiltrazione dalla superficie pedologica, quantificato di circa $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{anno}$. Non si sono fatte valutazioni per la porzione di comparto in cui è stato accumulato un riporto dello spessore di circa 1,5 metri di materiali derivati da demolizione. La impermeabilizzazione inibirà completamente questo contributo alla falda per l’ampiezza dell’intera area interessata dall’edificio e dai piazzali e parcheggi impermeabilizzati;
- ◆ assenza di transfert d’acqua di massa e di pressione dal Fiume (Reno infiltrante), anche in occasione di piene straordinarie (3/12/2005). Si è appurato che la norma è quella di Reno drenante, il trasferimento di acqua dal terrazzo al Fiume sarà regolato dalla trasmissività degli argini dei laghi ricavati nei vuoti di cava che bordano tutto questo tratto d’alveo. La presenza dei laghi ricavati dai vuoti di cava influisce direttamente anche sul livello statico del freatico aumentando la cedente piezometrica, forse anche nell’area in oggetto. Una certa influenza sulla falda del sito di progetto (coerenza di comportamenti, anche se con quote diverse) si è riscontrata rispetto al limitrofo lago della cartiera;
- ◆ l’area in studio non è coincidente con zone di ricarica relative a sorgenti sotterranee, contributi da versanti, dal derma pedologico, o da conoidi intra-vallivi, che certamente costituiscono le maggiori fonti di ravvenamento del freatico in questione, ma sono tutte collocate più ad ovest sul medesimo terrazzo. Il canale pensile che ne borda parte del perimetro del sito, è artificiale ed impermeabilizzato, anche se qualche

perdita di fondo può avere influsso sul livello della falda, durante le maggiori piene, in associazione al citato limitrofo lago della cartiera, la sua influenza sulla falda locale è modesta.

Il danno ambientale prodotto dalla futura presenza dell'area edificata sul sistema di ricarica del terrazzo alluvionale, e dei suoi rapporti con il Fiume, è quantificabile nel mancato contributo all'infiltrazione dalla superficie, pari a 100 litri d'acqua / anno per metro quadrato di superficie impermeabilizzata. Una compensazione può essere effettuata con un semplice impianto di sub-irrigazione da realizzarsi alla profondità di circa 1 metro dal p.c., dotato di relativo serbatoio. Le acque da immettere possono quelle di seconda pioggia (trascorsi i primi 10 minuti), raccolte da superfici non calpestabili e non carrabili, di estensione pari al 12% della superficie impermeabilizzata (12 metri quadrati, ogni 100 metri quadrati).

3. VALUTAZIONE DELLA SIGNIFICATIVITÀ DELL'ACQUIFERO FREATICO PRESENTE E DELLA SUA VULNERABILITÀ RISPETTO ALLE NUOVE DESTINAZIONI D'USO DEL SUOLO

L'acquifero del terrazzo del Maglio, come abbiamo visto ha uno spessore medio di 4,5 metri, ed è formato da tre sequenze sedimentarie, in cui la componente ghiaioso – sabbiosa è prevalente, la conducibilità satura media mai misurata direttamente, ma stimata dai tempi dichiarati di riempimento di due pozzi freatici localizzati su questo terrazzo poco più a nord del sito in oggetto può aggirarsi su valori medi di $5 \cdot 10^{-4}$ m/s, ciò significa che la trasmissività media è di $2,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s. La porosità efficace valutata dalle informazioni di laboratorio sulla matrice sabbiosa dei campioni ottenuti dai sondaggi effettuati nell'area e dalle prove eseguite in terrazzi simili del Reno, risulta in un intervallo compreso tra 0,19 e 0,25. Nel nostro caso può essere assunto un valore $n_e \equiv S = 0,21$, si otterrebbe così una riserva utile pari a $1,8 \cdot 10^6$ m³ di acqua sotterranea, per l'intero terrazzo del maglio (da Palazzo dei Rossi fino alla confluenza del Canale Pontecchio nel Reno). La qualità delle acque della falda freatica non è mai stata valutata con analisi chimico – fisiche ufficiali. La sua ricarica, come detto, è varia e distribuita. Si tratta di un *serbatoio molto significativo per un comune collinare per quantità e disponibilità della risorsa*.

Nella zona di progetto si sono calcolate le condizioni di infiltrazione verticale fino al tetto della falda. Si è visto che le condizioni idonee al ravvenamento della falda (formazione e mantenimento del fronte saturo) sono di difficile raggiungimento (equiparabili alle condizioni in cui si verificano le piene straordinarie). Il problema di vulnerabilità di un sito alla contaminazione proveniente dalle attività umane, produttive in particolare, riguarda i tempi di attraversamento dell'insaturo anche da parte di fronti umidi, le modalità di formazione della contaminazione, le caratteristiche

fisico chimiche dei contaminanti, idroportati e no, rispetto lo scheletro solido dell'insaturo prima, e dell'acquifero poi. Le stime anche quantitative sono già state effettuate *in presenza di fronte saturo e di condizioni a pistone* (sommersione continua per tempi superiori alle 9 ore), e la *vulnerabilità risulta elevata, in condizioni di afflussi sporadici* i tempi di attraversamento di fluidi idroportati (caratteristiche paragonabili a quelle dell'acqua) possono superare le 2 settimane, la *vulnerabilità resta alta*.

In questa fase, ancora valutativa dell'opportunità di realizzare un insediamento produttivo, la stima della vulnerabilità della falda, si salda con la pericolosità potenziale derivata dalle attività che possono svolgersi all'interno degli edifici e nel loro intorno.

Occorre pertanto considerare le possibili vie di accesso all'acquifero (saturo o insaturo) di possibili fluidi idroinquinanti, e renderle di impossibile o difficile attraversamento, ciò che il progetto fin dalle sue prime fasi deve tenere in conto è la buona impermeabilizzazione del terreno. In questo modo *l'alta vulnerabilità naturale della falda può essere ridotta fino a divenire media, e rendere così sostenibile l'insediamento anche per attività di media pericolosità idrogeologica*.

Simulando condizioni di insediamento realizzato, gli elementi costruttivi che possono migliorare la vulnerabilità naturale dell'acquifero e della falda, sono:

- 1) ***le strutture di fondazione***. La scelta tra le varie tipologie deve essere fatta pensando che esse eliminano gran parte delle funzioni svolte dall'insaturo, avvicinando di fatto la superficie al tetto della falda.
- 2) ***l'area di sedime degli edifici produttivi***, ed in particolare l'isolamento ed impermeabilizzazione della pavimentazione e della raccolta acque, rispetto al terreno;
- 3) ***la necessità di realizzare vani interrati***: depositi, serbatoi, installazioni produttive e no;
- 4) ***i piazzali e le zone di carico e scarico delle merci***, che possono essere il luogo di sversamenti accidentali di fluidi idroinquinanti;
- 5) ***le reti interrate*** ed in particolare le fognature ed i relativi raccordi con i collettori comunali;
- 6) ***i parcheggi***

Edifici privi di vani, serbatoi, e depositi interrati, che garantiscano l'isolamento e l'impermeabilità rispetto al suolo ed al sottosuolo dei locali coperti, dei piazzali e delle zone di arrivo, carico e scarico, dei parcheggi e delle reti interrate, di fatto diminuiscono drasticamente la vulnerabilità idrogeologica naturale esistente.

4. PRESCRIZIONI TECNICHE PER L'ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI EDILIZI, AI FINI DELLA RIDUZIONE DEGLI IMPATTI SUL SISTEMA IDROGEOLOGICO E IDRAULICO.

1) *Fondazioni*

Le strutture profonde (pali), congiungono la superficie con l'intero spessore dell'acquifero e rappresentano la porta di facile accesso di ogni contaminante presente in superficie. L'impiego di questo tipo di fondazione può essere accettato solamente nelle situazioni di accertata necessità, ed in questo caso occorre che l'intorno territoriale della palificata o del singolo elemento venga impermeabilizzato. Il tipo di fondazioni consigliabile è superficiale: platea, travi rovesce, oppure plinti.

La platea può essere realizzata entro il primo metro di sottosuolo (compresa l'eventuale nervatura rovescia), e quindi incide molto poco sull'acquifero insaturo; mantiene una discreta distanza di salvaguardia dal tetto della falda, anche in condizioni di piena; consente, in associazione con l'impiego di apposito tessuto non tessuto, di ottenere una garantita impermeabilizzazione dell'intera area di sedime dell'edificio. Questa appare come la scelta strutturale più congrua, per diminuire artificialmente la vulnerabilità naturale dell'area.

Le travi rovesce sono di norma incastrate a $1,4 \div 1,8$ m dal piano campagna, cioè fuori delle variazioni volumetriche stagionali dei sedimenti a tessitura fine, e nel nostro caso a contatto con le più superficiali tessiture granulari. In questo caso si manterrebbe una porzione di quasi un metro di insaturo a salvaguardia del tetto della falda nella stagione di massima risalita possibile (frangia capillare a 2,5 m dal p.c.), e circa 1,8 metri nella stagione di magra. Questa struttura appare più impattante della platea, infatti incrementa la vulnerabilità naturale, ed inoltre offre meno garanzie di poter realizzare una sicura impermeabilizzazione del sovrastante solaio.

I plinti sono di norma inseriti a profondità maggiori, per garantire minori cedimenti differenziali puntuali, non compensati dalla unitarietà della struttura, e quindi costituiscono un incremento di vulnerabilità per la falda, sono quindi sconsigliati.

Nell'ipotesi il progetto preveda l'edificazione nella zona in cui si è realizzato il riporto di $1 \div 1,5$ metri, con tombamento del lago e di varie buche, la platea diviene di difficile realizzazione (disomogeneità del substrato artificiale, e soprattutto variazioni di spessore del riporto), dovrà essere ricercata una soluzione strutturale che tenga conto anche delle necessità di contenere al massimo grado la vulnerabilità dell'acquifero. La platea può ancora costituire una soluzione, ma occorrerà trovare, ove possibile, una piena compensazione dei sovraccarichi imposti, cioè sarà forse indispensabile togliere una parte del riporto e realizzare un costoso "vano tecnico" che offra la rigidità indispensabile, e la compensazione delle pressioni imposte.

2) *pavimentazione dell'edificio*

La pavimentazione del piano terreno dovrà garantire una completa impermeabilità

La raccolta delle acque e dei fluidi dispersi sulla pavimentazione dovrà avvenire con apposite condutture o, eventualmente, canalette coperte da griglie (ispezionabili), ricavate direttamente nella platea di fondazione impermeabilizzata, oppure nell'eventuale solaio di pavimentazione. In ogni caso non dovranno essere realizzate fognature direttamente a contatto con il terreno sotto la pavimentazione del piano terra dell'edificio. I pozzetti di raccolta dovranno essere realizzati nel numero minore possibile e con assoluta impermeabilizzazione del fondo e delle pareti;

3) *vani interrati*

La realizzazione di vani interrati produrrebbe un incremento di vulnerabilità idrogeologica al suo perimetro, a causa dell'eliminazione di uno spessore consistente dell'insaturo che attualmente protegge il freatico.

In particolare la realizzazione di serbatoi o depositi sotterranei di carburanti o di fluidi e sostanze idroinquinanti, inoltre aumenta la pericolosità connessa ad incidenti durante le operazioni di riempimento, o alle possibilità di rotture non facilmente monitorabili dalla superficie.

Nelle condizioni di sito è opportuno che tutti i depositi e serbatoi siano esterni, facilmente ispezionabili, dotati di vasca di contenimento di sicurezza per eventuali sversamenti o perdite accidentali;

4) *piazzali e le zone di carico e scarico delle merci*

L'eventuale piazzale di carico – scarico merci deve essere progettato garantendo la totale impermeabilità del sottosuolo, ed il contenimento laterale dei fluidi. Dovranno essere dotati di tombini e fognatura di raccolta delle acque a tenuta, con recapito in una vasca dotata di saracinesca facilmente azionabile in uscita. Detta vasca fornisce la possibilità di raccogliere e contenere i fluidi accidentalmente dispersi sul piazzale stesso.

Nel sistema di raccolta del piazzale si dovrà tenere conto della raccolta delle acque di prima pioggia (5 minuti) che dovranno essere avviate ad apposita vasca di depurazione prima di essere avviate alla fognatura.

5) *reti interrate*

Le reti interrate dovranno essere realizzate solo esternamente all'edificio, in particolare i tratti di fognatura in allontanamento dagli edifici, fino al raccordo con il collettore comunale, o almeno per i primi 20 metri, saranno eseguite con alloggiamento ispezionabile a fondo impermeabilizzato e con pendenze di esercizio non inferiori allo 0,8 %. Questa misura è tesa a garantire un facile e veloce scorrimento delle acque nere per condurle rapidamente ad una discreta distanza dalla zona a maggior rischio di inquinamento (perimetro dell'edificio);

6) *parcheggi*

I parcheggi è opportuno vengano realizzati ad almeno 10 metri di distanza dai muri perimetrali dell'edificio e di ogni altra struttura presente, inoltre abbiano il fondo impermeabile, in corrispondenza delle zone di sosta degli automezzi, per impedire la dispersione nel suolo delle perdite dai motori e dagli impianti di condizionamento.

7) *Cantieristica*

Nella fase di costruzione si propongono le seguenti mitigazioni di carattere generale relative a possibili inquinamenti delle acque di superficie e sotterranee.

nei piazzali e nelle aree di accesso ai mezzi meccanici esecuzione di cunette di contenimento stabili collegate a pozzetto di raccolta con possibilità di avviare le acque ad un impianto di decantazione e deoleazione connesso alla fognatura.

L'immissione in fognatura delle acque torbide deve essere impedita per evitare ovvi problemi di carico solido: sabbie, fango, che potrebbero provocare l'interramento del collettore fognario con gravi danni alla rete.

Spruzzatori per le gomme degli autocarri in uscita sulla viabilità ordinaria e per i piazzali esterni al cantiere.

8) *Compensazione idrogeologica.*

La presenza dell'edificio e delle impermeabilizzazioni esterne provocherà un modesto impatto quantitativo sulle riserve del magazzino alluvionale, equivalente a circa lo 0,02% della riserva totale (considerando 5.000 m² impermeabilizzati), a causa della mancata infiltrazione di acqua fino alla falda.

Se si riterrà necessario compensare, eliminando così l'impatto negativo, può essere progettato un semplice impianto di sub-irrigazione, da realizzarsi alla profondità di poco più di 1 metro dal p.c., dotato di serbatoio di laminazione per gli afflussi prolungati. L'impianto di subirrigazione dovrà essere collocato ad almeno 15 metri di distanza dall'edificio e dai piazzali, per non provocare disturbo alle strutture di fondazione con la inevitabile saturazione dei sedimenti circostanti.

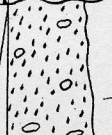
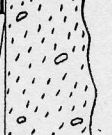
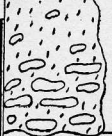
Le acque da immettere possono essere quelle di seconda pioggia (trascorsi i primi 10 minuti), raccolte da superfici non calpestabili e non carrabili, di estensione pari al 12% della superficie impermeabilizzata (12 metri quadrati, ogni 100 metri quadrati). Le acque di prima pioggia dovranno essere raccolte ed avviate assieme a quelle degli altri pluviali alla dispersione in superficie.

Se verrà realizzato questo impianto avrà utilità anche per correggere l'afflusso immediato alla rete di scolo superficiale, contribuendo così anche a



migliorare le condizioni di impatto idraulico dell'insediamento: l'acqua di precipitazione equivalente al 12% della superficie impermeabilizzata verrebbe infatti sottratta al circuito di deflusso superficiale immediato.

Cantiere: "il Maglio", Sasso Marconi (BO)		Committente: Immobiliare "Il Maglio"	 Studio Viel & Associati Studio di geologia applicata via Panoramica n.8, 40069 Zola Predosa (BO) tel/fax 051 753834 sito www.studioviel.it mail viel@studioviel.it sangiorgi@studioviel.it
Sondaggio: S2	Data esecuzione: giugno 2005	Quota piano campagna: 72,3 m	
Tipo sondaggio: Trivellazione con aste elicoidali		Profondità raggiunta: 7 metri dal p.c.	
			Ditta esecutrice: GEO-PROBE

	Litologia	Descrizione	Quota (m)	Recupero &	Pocket Penetrom. (kPa)	Vane Test (kPa)	S.P.F.	Campioni	Falda	Pierom.
				25 50 75 100						
1		Sedimenti pedogenizzati (suolo).	1,00							
2		Limi con scheletro sabbioso più abbondante al letto.	2,20							
		Sabbie con ghiaia.	2,50							
3		Ghiaie ben addensate.	3,00							
4		Sabbie con ghiaia sparsa, più abbondante al letto.	4,00							
5		Ghiaie mediamente addensate.	4,75							
6		Sabbie con ghiaia sparsa.	6,25							
		Ghiaie mediamente addensate.	6,75							
7		Substrato roccioso: "Argille Scagliose".								
8										
9										
10										

Cantiere: "il Maglio", Sasso Marconi (BO)		Committente: Immobiliare "Il Maglio"	 Studio Viel & Associati Studio di geologia applicata via Panoramica n.8, 40069 Zola Predosa (BO) tel/fax 051 753834 sito www.studioviel.it mail viel@studioviel.it sangiorgi@studioviel.it
Sondaggio: S3	Data esecuzione: giugno 2005	Quota piano campagna: 73,8 m	
Tipo sondaggio: Trivellazione con aste elicoidali		Profondità raggiunta: 9 metri dal p.c.	
			Ditta esecutrice: GEO-PROBE

	Litologia	Descrizione	Quota (m)	Recupero %	Pocket Penetrom. (kPa)	Vane Test (kPa)	S.P.T.	Campioni	Falda	Pierom.
				25 50 75 100						
1		Terre di riporto.	1,40							
2		Limi con scheletro sabbioso.	2,90							
3		Sabbie.	3,60							
4		Ghiaie mediamente addensate.	4,20							
5		Sabbie con ghiaia sparsa, più abbondante al letto.	5,40							
6		Ghiaie mediamente addensate.	6,10							
7		Sabbie.	6,60							
8		Sabbie con ghiaia sparsa.	7,50							
9		Ghiaie mediamente addensate.	8,70							
10		Substrato roccioso: "Argille Scagliose"								