



COMUNE DI BATTIPAGLIA - EBOLI



PROVINCIA DI SALERNO

**PROGETTO UNITARIO (TRASMESSO IN OTTEMPERANZA ALLA
DISPOSIZIONE CONTENUTA NELLA NOTA DEL SETTORE PROVINCIALE
DEL GENIO CIVILE DI SALERNO DEL 10.03.1998 N. 5032 IN REVISIONE
DEL PROGETTO PRODOTTO IN DATA 28/03/2014 PROT. N. 221084 E
SUCCESSIVE INTEGRAZIONI DEL 18/05/2015 E 10/09/2015) DI
DISMISSIONE DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE E DI
RIQUALIFICAZIONE TERRITORIALE DELLE CAVE "MA.CE. s.r.l." E
"EDIL CAVA s.r.l.", ESTESO ALLA MESSA IN SICUREZZA
IDROGEOLOGICA DELL'AREA INDIVIDUABILE COME EX CAVA "DI
NAPOLI", IN LOCALITA' CIMITERO - BUCCOLI - FONTANA DEL FICO
DEI COMUNI DI BATTIPAGLIA ED EBOLI**

**STUDIO ESEGUITO AI SENSI DELL'ARTT. 3, 27 e 10, COMMA 10, DELLE NORME
ATTUATIVE DEL PRAE**

**ATTUALIZZAZIONE DELLA PROGETTAZIONE PRESENTATA NEL 2006 CON
INTEGRAZIONI RICHIESTE DALL'AMMINISTRAZIONE REGIONALE E NEL RISPETTO
DEL PROTOCOLLO D'INTESA SOTTOSCRITTO CON IL COMUNE DI BATTIPAGLIA**

Studio Idraulico

*(con resocondo delle simulazioni e verifiche degli interventi di ricomposizione
idraulica dell'area di intervento*

"Adeguamento Progetto a seguito Conf. Servizi del 17.09.2015"

AGGIORNAMENTO: REV. 03

SEZ. G

Committente: CONSORZIO CAVE RIUNITE

COLLE MANCUSO

(MA.CE. s.r.l. - EDILCAVA s.r.l.)

Aspetti Ingegneristici
ing. Renato D'Alessio



I tecnici

Aspetti Tecnico - Economici
in comm. Adele Iannaccone



Aspetti Naturalistici, Agronomici e Forestali
agron. Mario Spagnuolo

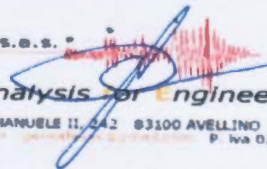


Indagini e Microzonazione Sismica
geol. E. Spagnuolo e Società Geosafe s.a.s.

Aspetti Geologici, Geomorfologici e Idrogeologici
geol. Enrico Spagnuolo



Geosafe s.a.s.
Geological
Seismic Analysis for Engineering
CORSO VITTORIO EMANUELE II, 242 83100 AVELLINO ITALY
Info: +39 081 2707121 - 081 2707122 P. IVA 02641290644



Salerno, Novembre 2015

INTRODUZIONE

La presente Relazione specialistica idraulica è stata redatta, su incarico del Consorzio "Cave Riunite Colle Mancuso", al fine di verificare il sistema di regimentazione delle acque meteoriche del programma di "DISMISSIONE E RECUPERO AMBIENTALE DELLE CAVE MA.CE. s.r.l., AGRIBUCCOLI s.r.l. (ex DI NAPOLI CAVE)" e EDILCAVA s.r.l." e asseverarne la compatibilità idrogeologica.

L'area d'interesse è ubicata nel territorio di competenza dell'Autorità di bacino Campania Sud - Sele e pertanto gli studi idrologici e i riferimenti normativi tecnici cui si fa riferimento nella presente relazione sono quelli adottati dalla citata Autorità di bacino.

In particolare si fa riferimento alle Norme tecniche di attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico della ex Autorità di bacino in destra Sele del marzo 2011, mentre per gli studi idrologici si fa riferimento alla Relazione idrologica del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico della ex Autorità di bacino in destra Sele del marzo 2011.

ESAME CARTOGRAFICO E MORFOLOGICO DEI LUOGHI.

L'intera area di progetto è ubicata in Località Buccoli – Cimitero – Fontana del Fico del Comune di Battipaglia in Provincia di Salerno, che ospita una serie di cave in terreni ascrivibili ai "Conglomerati di Eboli". Le società committenti, costituite in consorzio, dispongono di tutti i terreni che ospitano l'intero Colle Mancuso, ivi compresi i terreni che ospitano la viabilità di accesso e le eventuali aree di stoccaggio.

Il giacimento ricade sul versante sud del Colle (208/210 mt. s.l.m.), lungo il margine settentrionale del territorio comunale di Battipaglia, ad una distanza di circa 200 metri dall'Autostrada Salerno – Reggio Calabria, che costeggia in questa zona i piedi del Colle, parallelamente alla vecchia S.P. Battipaglia – Eboli (cfr. Figura 1).

La superficie interessata dal programma di dismissione e recupero è di circa 400 ettari, ma l'area oggetto del presente intervento è di circa 100 ha.

I luoghi, complessivamente, si presentano sotto l'aspetto morfologico come un colle, con crinale caratterizzato da una leggera pendenza: est verso ovest, che partendo dalla quota 208 mt. s.l.m. degrada dolcemente fino a giungere sul limite occidentale, a quota 170 - 180 mt. s.l.m., con angolo mediamente inferiore a 5°. In linea d'area l'area è a circa 2.500 metri dall'abitato di Eboli e a circa 1.000 metri dall'abitato di Battipaglia.

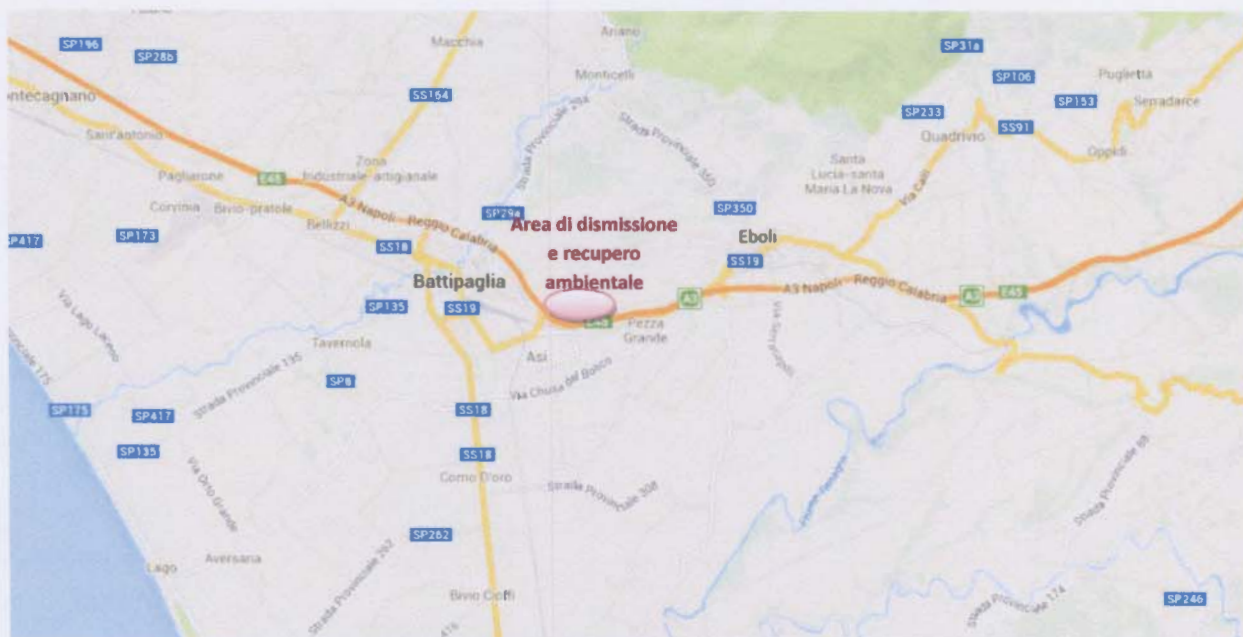


FIGURA 1

Dalla consultazione della cartografia tematica del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dell'ex Autorità di bacino in destra Sele, è emerso che l'area in esame non è soggetta a vincoli idraulici specifici (cfr. Figura 2).

Pertanto, con riferimento all'assetto idraulico del territorio, non ci si trova nelle fattispecie previste dall'art. 7 delle Norme tecniche di attuazione, in quanto il programma di dismissione e recupero in argomento non richiede l'autorizzazione ad aprire una nuova cava, così come regolato dalle Norme di Attuazione (N.d.A.) del P.R.A.E.



FIGURA 2

Dalla corografia in Figura 3, si desume che l'area di dismissione e recupero della cava è ubicata in corrispondenza del Colle Mancuso, che rappresenta lo spartiacque a sud di un bacino idrografico ampio circa 2 kmq, alimentante un corso d'acqua che, in prossimità del cimitero, laddove cimenta un tratto tombinato, che appare maltenuto. Lo stesso colle rappresenta lo spartiacque a nord di un bacino idrografico ampio circa 0,78 kmq, che smaltisce in direzione sud le proprie acque di corrivazione, attraverso un sistema di tombini stradali di attraversamento dell'Autostrada A3 – Salerno - Reggio Calabria e della parallela Strada Statale delle Calabrie. Vi è poi un terzo bacino idrografico, ampio 0,2 kmq, del quale il Colle Mancuso rappresenta lo spartiacque orientale.

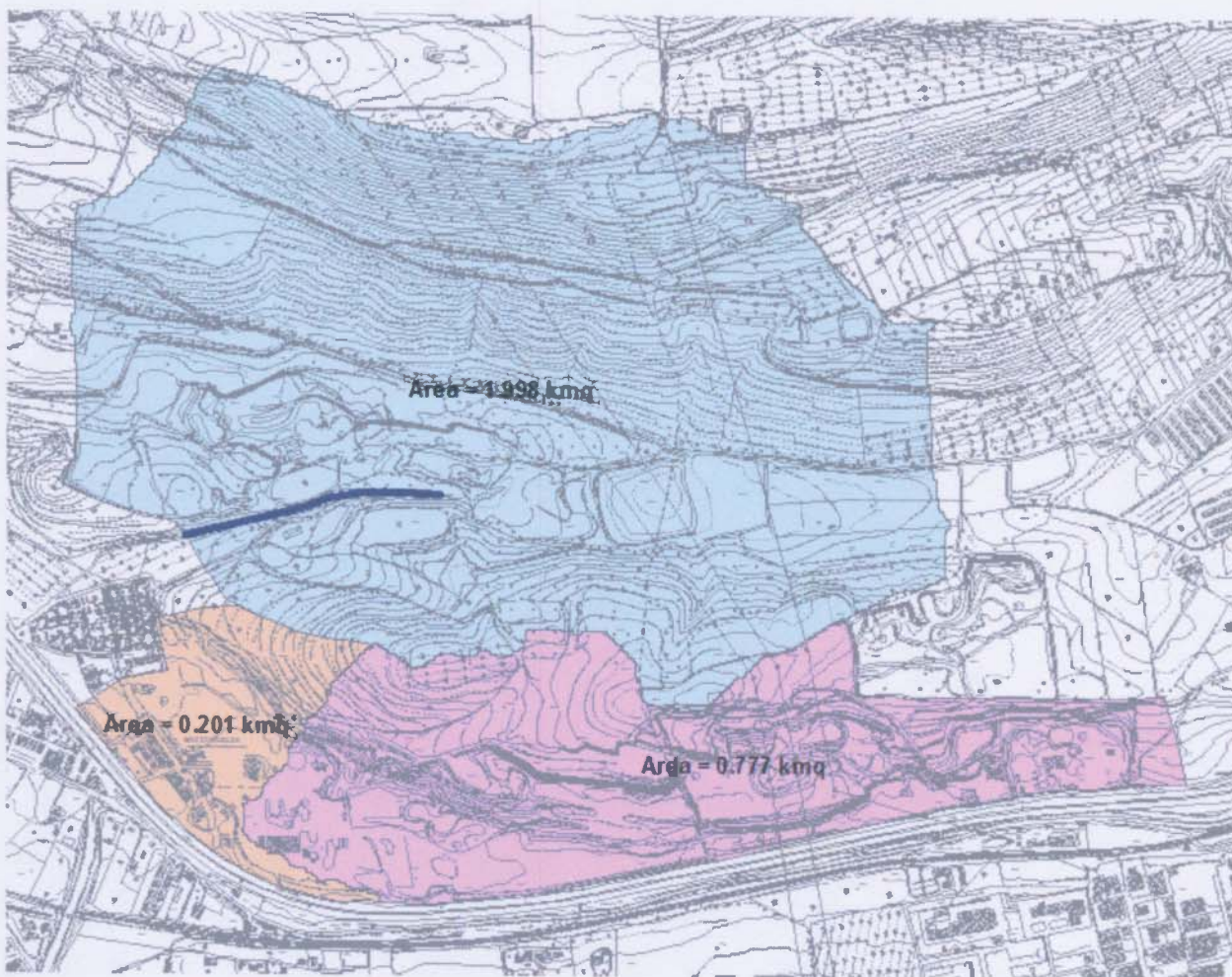


FIGURA 3

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Il versante conglomeratico di natura calcarea, che ospita le cave in studio, assume una configurazione piano - altimetrica alquanto aspra, segnatamente ove sono chiari i segni di coltivazione, rappresentata da pendenze dell'ordine del 40 – 50°, che evolvono in alcuni tratti anche a versanti con pendenze dell'ordine dei 70°, fino a raggiungere anche l'85°.

L'area in studio, in particolare, dal punto di vista geologico, fa parte delle rocce conglomeratiche di età pleistocenica e di spessore complessivo variabile da alcune centinaia di metri ad oltre 1.000 metri nel sottosuolo della pianura alluvionale, come è stato verificato da alcuni sondaggi profondi effettuati per ricerche di idrocarburi.

La costituzione geologica è caratterizzata, per spessori variabili da 0,50 a 1,50 metri, da una coltre terrigena, poggiante su di un complesso conglomeratico, dal caratteristico colore grigio - bianco e avana, con strati e banchi di varia grandezza. Tale complesso conglomeratico, noto in letteratura come Conglomerati di Eboli, costituiscono una successione di depositi alluvionali, affioranti estesamente lungo il bordo meridionale dei Monti Picentini, nella fascia collinare compresa fra gli abitati di Eboli, Battipaglia, Montecorvino Pugliano e Montecorvino Rovella. Sono frutto delle fasi neotettoniche che hanno determinato il sollevamento dei Monti Picentini e l'individuazione della depressione morfostrutturale della Piana del Sele – Golfo di Salerno, nel contesto delle fasi morfoevolutive di questo settore dell'Appennino Campano.

Le acque di infiltrazione alimentano un acquifero profondo circa 70/80 metri dal p.c. del piazzale. Tale acquifero alimenta alcuni pozzi non potabili di interesse locale. La permeabilità relativa nell'ambito dello stesso complesso varia lievemente tra la parte superficiale (60%), più fratturata ed alterata e quella inferiore (30%); la mancanza di sorgenti lungo il contatto calcari - limi - argille nelle aree prossime alla cava e lungo tutto il versante, suggerisce la presenza di un sistema di alimentazione profondo in cui vi è un apporto diretto verso i livelli acquiferi della piana, posti a quote più basse. Mentre la rete idrografica è quasi sempre molto povera ed è impostata sulle fratture recenti. Infatti non sono presenti incisioni che lasciano trasparire un minimo di reticolo idrografico. Solo ai lati dell'area di cava si denotano le prime incisioni gerarchizzate per lo smaltimento delle acque di corrivazione. In zona non sono state rilevate cavità carsiche, essendo l'area molto marginale.

IL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

L'area interessata dalla coltivazione degli interti non è servita da alcuna rete fognaria o di regimentazione delle acque meteoriche. A nord-ovest del comparto estrattivo vi è un vallone naturale in cui confluisce l'acqua di corrivazione di un bacino idrografico ampio circa 2 kmq (cfr. Figura 3), comprendente il versante nord del Colle Mancuso. Tale vallone defluisce verso un'area cimiteriale, laddove cimenta un tratto tombinato (cfr. Figura 4 a sinistra). A sud, invece, il comparto confina con il rilevato stradale dell'Autostrada Salerno-Reggio Calabria, attraversato da 6 tombini stradali aventi l'ufficio di consentire il deflusso delle acque di corrivazione provenienti da direzione nord verso sud (cfr. Figura 4 a destra).



FIGURA 4

Il contesto sopra descritto ha indotto gli scriventi a proporre un progetto di smaltimento delle acque meteoriche compatibile con la sicurezza idraulica del territorio, anche fuori dal perimetro del comparto. A tal fine si propone di alleggerire il carico idraulico sui 6 tombini stradali dell'Autostrada A3 deviando parte dei deflussi superficiali provenienti dal versante sud del Colle Mancuso in una vasca di dispersione sotterranea, da realizzare in linea con l'esistente vallone che defluisce verso l'area cimiteriale (cfr. Figura 5). La realizzazione di tale vasca ha lo scopo di consentire l'allontanamento delle acque meteoriche direttamente nel sottosuolo, riducendo nel contempo il carico idraulico sul tombino, in prossimità del cimitero. Tale soluzione appare la più idonea dal punto di vista della messa in sicurezza idraulica dell'area. Altre due vasche di dispersione sono previste a sud-est del comparto, al fine di laminare e disperdere nel sottosuolo le acque meteoriche che attualmente cimentano i tombini sottoposti all'Autostrada A3, sgravandoli dall'ufficio idraulico fino ad ora svolto, a miglioramento della sicurezza dello stesso tratto autostradale. A tal proposito si ricorda che il presente lavoro si inquadra, nell'ambito del Protocollo di Intesa "per il recupero ambientale e per la messa in sicurezza di Località Buccoli - Cimitero", stipulato, fra gli imprenditori della Località e

l'Amministrazione Comunale di Battipaglia, per la Valorizzazione produttiva integrata ed ecocompatibile dell'intero territorio.

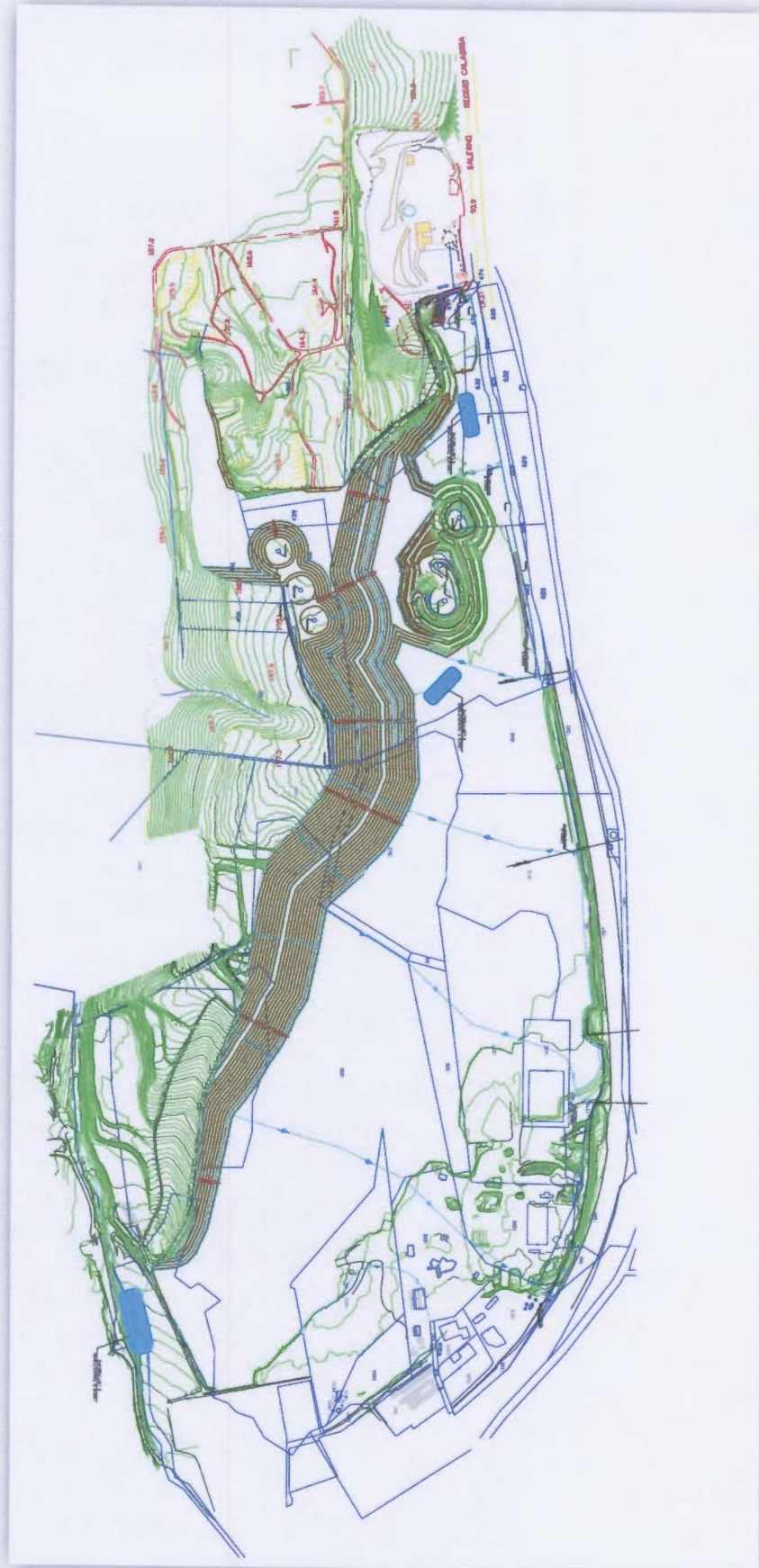


FIGURA 5

Lo schema, indicato nella Figura 5 è costituito, pertanto, da una vasca di dispersione sotterranea avente una superficie di base pari a mq. 8.000 ed una profondità variabile da 3 a 4 m; essa svolge l'ufficio di captazione delle acque di corrivazione provenienti dal Vallone del Cimitero e dai canali che corrono lungo il "versante di cava MA.CE." lungo le piste di servizio.

Le altre due vasche di dispersione sotterranea hanno una superficie di base pari a mq 4.000 ciascuna e una profondità di 3 m; esse svolgono l'ufficio di captazione delle acque di corrivazione provenienti dal comparto di estrazione orientale, a presidio dell'Autostrada A3.

L'acqua di corrivazione viene regimentata all'interno di canali di gronda disposti a coronamento del piazzale di cava e di lì convogliata nelle vasche citate. In tali canali di gronda viene recapitata l'acqua proveniente dalle pareti di cava sottese dal piazzale di cava (per naturale pendenza dei versanti), nonché l'acqua dello stesso piazzale di cava (per ricostruzione della pendenza del piazzale verso i citati canali di gronda). I canali di gronda laterali, a sezione trapezia, svolgono la duplice funzione di dispersione nel sottosuolo e di collettamento, verso le suddette vasche.

Tale soluzione progettuale appare chiaramente in grado di assicurare in maniera efficiente la regimazione e l'allontanamento delle acque meteoriche incidenti sul piazzale di cava, in quanto l'area non è servita da alcun sistema fognario per lo smaltimento delle acque meteoriche. Dalla Carta Geomorfologica e dal rilievo topografico dello stato di fatto si rileva che le aste montane, che costeggiano l'area del comparto, assolutamente non interferiscono con l'area di cava. Esse, in altre parole, sono totalmente estranee all'area dedicata al processo di ricomposizione ambientale e pertanto non compromettono la sicurezza dell'area di cava, né i relativi processi morfologici vengono influenzati dall'attività estrattiva. Per quanto attiene il piazzale di cava si prevede di riprofilarlo fra quota 94 -100 (margine a confine fra le due cave attive) e quota 90 - 94 metri s.l.m., (margine orientale) a forma di "petto di piccione", chiaramente con una pendenza inferiore all'1% verso sud, per evitare l'eventuale accumulo di acque piovane, poco attese, in relazione alla buona permeabilità dei terreni. L'intervento consiste nel creare un piano costantemente inclinato, in due direzioni, in modo da evitare eventuali ristagni d'acqua e consentire attraverso una serie di cunette di scolo, appositamente realizzate, lo smaltimento dell'eventuale deflusso delle acque piovane verso il settore più depresso del bacino di cava dove è prevista lo scavo di apposita vasca assorbente. Così la Figura 5 illustra la bonifica idraulica del bacino di cava, con il tracciato delle cunette principali, con linea di colore azzurro e la relativa vasca finale sempre di colore azzurro.

La configurazione dei bacini idrografici di progetto è illustrata in Figura 6. In Figura 7 vi è il particolare degli spartiacque in prossimità del piazzale di cava di progetto, mentre in Figura 8 e Figura 9 sono riportati i tombini trasversali all'Autostrada A3, con sezione circolare.

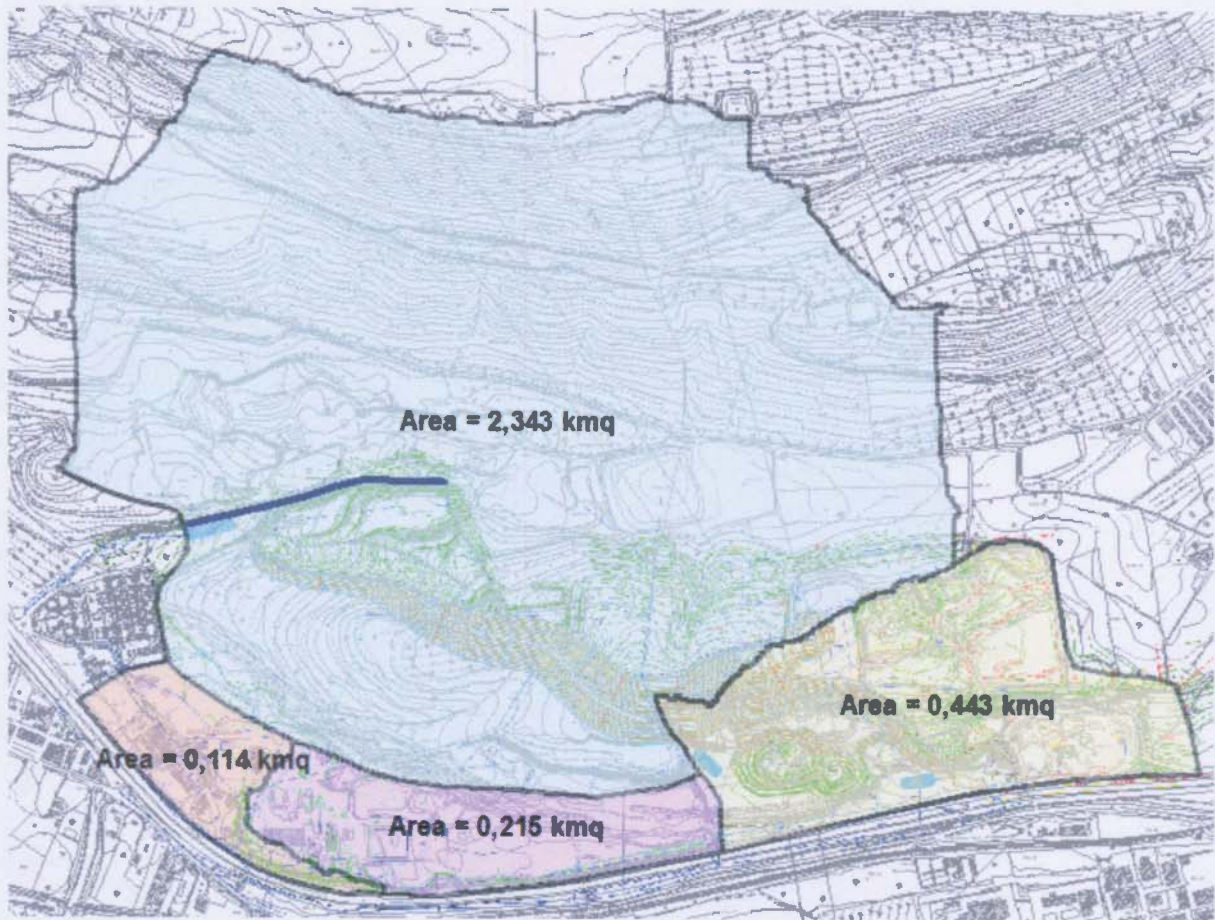


FIGURA 6



FIGURA 7

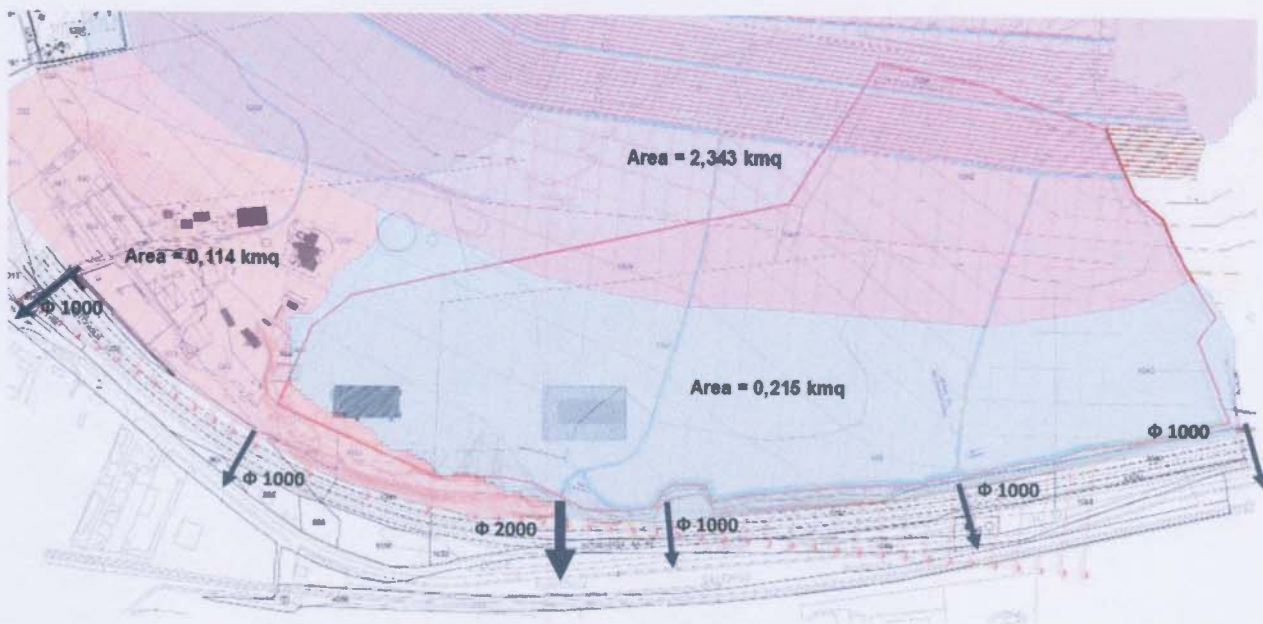


FIGURA 8



FIGURA 9

L'ANALISI IDROLOGICA

PREMESSE DI CARATTERE GENERALE

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene in Campania è stata effettuata nel Rapporto VAPI Campania attraverso una metodologia di analisi regionale di tipo gerarchico, basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente (TCEV – Two Component Extreme Value).

Indicando con h il massimo annuale dell'altezza di pioggia e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di pioggia possa verificarsi mediamente una volta, la massima altezza di pioggia h_T corrispondente al prefissato periodo di ritorno T , può essere valutata come:

$$h_T = K_T \cdot m(h)$$

dove:

– $m(h)$ = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice).

– K_T = fattore probabilistico di crescita.

IL FATTORE PROBABILISTICO DI CRESCITA

Un'analisi della variabilità spaziale dei parametri della distribuzione dei massimi annuali di pioggia giornaliera ha evidenziato, sul territorio della ex Autorità di Bacino Destra Sele, l'esistenza di un rischio del verificarsi di eventi eccezionali più alto rispetto al resto della regione. La valutazione del fattore di crescita con il periodo di ritorno effettuata utilizzando i parametri stimati su base regionale nel VAPI, quindi, può dare risultati in difetto di sicurezza. Per questo motivo si è deciso di procedere a una stima dei parametri di forma e di scala della TCEV dai dati delle stazioni appartenenti al territorio dell'Autorità di Bacino.

I valori di K_T corrispondenti ai diversi periodi di ritorno considerati nei calcoli idrologici sono riportati nella tabella di seguito riportata.

$T(\text{anni})$	20	50	100	200	300	500	1000
K_T	2,19	2,77	3,22	3,67	3,94	4,27	4,7

Desunta dalla seguente legge di regressione logaritmica:

$$K_T = 0,644 \ln(T) + 0,254$$

LA MEDIA DELLA DISTRIBUZIONE DEI MASSIMI ANNUALI DI PIOGGIA

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata, il Rapporto VAPI Campania fa sostanzialmente riferimento a leggi a quattro parametri del tipo:

$$m[h(d)] = \frac{m[I_0] \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D \cdot z}} \quad (1)$$

in cui $m[I_0]$ rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per d che tende a 0.

Nel Rapporto VAPI Campania i parametri della suddetta legge sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando:

- i massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

I bacini di interesse all'interno del territorio di competenza della ex Autorità di Bacino Destra Sele ricadono all'interno delle zone pluviometriche omogenee A1 e A2 del VAPI Campania.

Avendo a disposizione una base-dati aggiornata rispetto a quella utilizzata nella redazione del rapporto VAPI Campania, questa Autorità di bacino ha proceduto comunque a un'analisi più approfondita delle leggi di probabilità pluviometrica.

L'analisi ha riguardato tutte le stazioni con almeno 5 anni di osservazioni: costruite le curve empiriche di probabilità pluviometrica per tutte le stazioni, si è proceduto ad aggregarle in zone omogenee e a stimare i parametri delle curve di probabilità pluviometrica teoriche su base regionale, secondo la procedura indicata nel rapporto VAPI Campania. Così facendo, rispetto alla regionalizzazione del rapporto VAPI Campania, è stata rifinita e riportata in una scala cartografica di maggior dettaglio la suddivisione in aree omogenee già esistente.

La stima dei parametri ha fornito valori del tutto assimilabili ai valori riportati nel rapporto VAPI Campania per le corrispondenti aree A1 e A2 e per questo motivo si è deciso di utilizzare i valori stimati nel rapporto VAPI, senza modifiche. Il confronto fra le curve teoriche così ottenute e i punti sperimentali, stazione per stazione, ha evidenziato la presenza di un'area, all'interno della zona A2, caratterizzata da piovosità molto superiore rispetto al resto della regione. Quest'area racchiude le stazioni comprese fra Salerno Genio Civile e Cava dei Tirreni, ed è chiaramente delimitata da due spartiacque naturali che, evidentemente, definiscono una porzione di territorio che, per esposizione e orografia, favorisce la precipitazione delle acque meteoriche. L'effetto osservato consiste in un incremento generalizzato dell'intensità di pioggia a tutte le durate, con una dipendenza dalla durata molto simile a quella ottenuta per la zona A2, ma con un'intensità $m[I_0]$ molto superiore. Per la sottozona così individuata, e denominata *A2b*, si mantengono invariati i valori dei parametri della legge di probabilità pluviometrica stimati nella zona A2, a eccezione del parametro $m[I_0]$, stimato localmente.

Nella tavola e nella tabella che seguono viene rappresentata la suddivisione spaziale del territorio della ex Autorità di Bacino Destra Sele nelle 3 aree pluviometriche omogenee individuate e sono riportati i valori dei 4 parametri della legge intensità-durata per ognuna delle sottozone in cui è stato suddiviso il territorio della ex Autorità di Bacino Destra Sele (cfr. Figura 10).

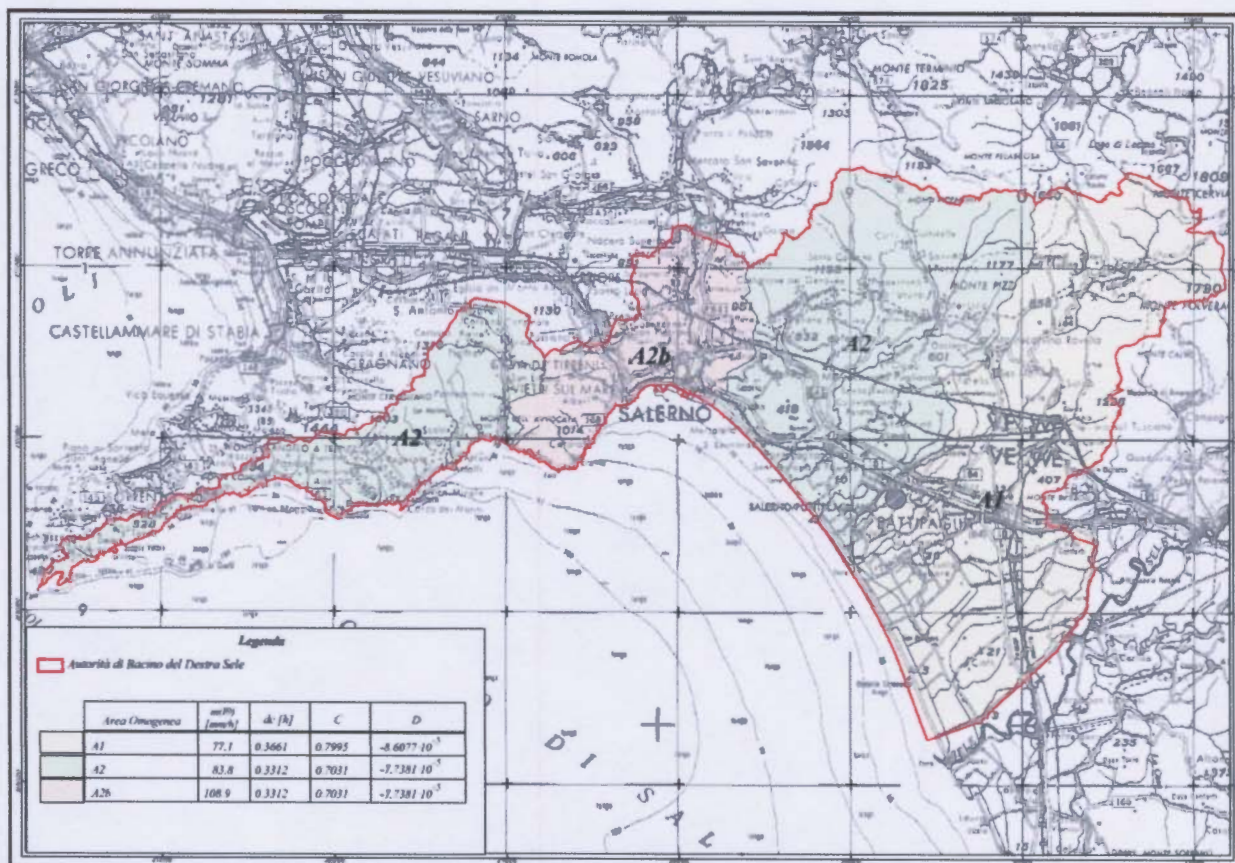


FIGURA 10

LA TRASFORMAZIONE DEGLI AFFLUSSI IN DEFLUSSI

Nota la legge di probabilità pluviometrica occorre definire un modello di trasformazione afflussi/deflussi. L'Autorità di bacino Campania Sud-Seles propone di applicare il metodo della corrivazione, mediante la formula razionale:

$$Q = C_f \cdot i(tc) \cdot S \quad (2)$$

in cui:

- tc è il tempo di corrivazione del bacino;
- S è la superficie del bacino;
- C_f è un coefficiente di afflusso che tiene conto delle perdite per evapotraspirazione e infiltrazione.

Il tempo di corrivazione in ore può essere calcolato con la formula di Giandotti, proposta dall'Autorità di bacino Nord-Occidentale della Campania.

$$tc = [4 \cdot S^{0,5} + 1,5 \cdot L] / 0,8 \cdot (H_{med} - H_0)^{0,5} \quad (3)$$

con L = lunghezza dell'asta principale in km

S = superficie del bacino in km^2

H_{med} = quota media del bacino in m s.l.m.

H_0 = quota della sezione di chiusura in m s.l.m

Per quanto riguarda il coefficiente di afflusso, può essere considerata valida la seguente formula:

$$C_f = C_{f1} p_p + C_{f2}(1-p_p) \quad (4)$$

con $C_{f1} = 0.13$, $C_{f2} = 0.60$ e p_p pari alla frazione delle aree del bacino che si comportano come completamente permeabili alle precipitazioni.

APPLICAZIONE AL CASO DI STUDIO

Per quanto riguarda il presente studio, per i bacini idrografici di progetto rappresentati in Figura 6, si ha la seguente tabella riassuntiva delle aree, del coefficiente di afflusso – di cui alla formula (4)..

Bacino di riferimento	A (kmq)	p_p	C_f
1	2,34	0,6	0,32
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	0,34	0,6	0,32
2	0,22	0,3	0,46
3	0,11	0,3	0,46
4	0,44	0,3	0,46

TABELLA 1

Per quanto riguarda la morfologia dei bacini idrografici di progetto rappresentati in Figura 6, si ha la seguente tabella riassuntiva delle aree, della lunghezza dell'asta principale, della quota media del bacino, della quota della sezione di chiusura e del tempo di corrivazione – di cui alla formula (3).

Bacino di riferimento	A (kmq)	L (km)	H_{med} (m.s.l.m.)	H_0 (m.s.l.m.)	t_c (h)
1	2,34	1,60	125,00	95,00	1,94
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	0,34	1,00	140,00	95,00	0,71
2	0,22	0,50	153,00	95,00	0,43
3	0,11	0,35	86,00	76,00	0,73
4	0,44	0,40	150,00	95,00	0,55

TABELLA 2

In considerazione del fatto che i bacini idrografici oggetto della presente indagine idrologica sono ubicati in area A1, applicando la (1) in base alla quota media dei bacini idrografici, si ottiene, in base ai tempi di corrivazione, la media della distribuzione dei massimi annuali di pioggia per ognuno dei bacini in Figura 6, nonché la media della distribuzione delle massime intensità di pioggia annue. Tali informazioni sono elencate nella tabella che segue.

Bacino di riferimento	H _{med} (m.s.l.m.)	H0 (m.s.l.m.)	Tc (h)	h(tc) (mm)	i(tc) (mm/h)
1	125,00	95,00	1,94	33,69	17,33
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	140,00	95,00	0,71	22,88	32,04
2	153,00	95,00	0,43	17,58	41,11
3	86,00	76,00	0,73	23,26	31,78
4	150,00	95,00	0,55	20,10	36,65

TABELLA 3

Applicando, infine, la (2) si ottiene la portata di piena media annua per ognuno dei bacini di progetto, in funzione dell'area di bacino e del coefficiente di afflusso. Moltiplicando per il coefficiente di crescita K_T , infine, si ottiene la portata di progetto in funzione di diversi tempi di ritorno. Nella tabella che segue vi sono le portate necessarie a verificare le opere di progetto.

Bacino di riferimento	A (kmq)	C _r	i(tc) (mm/h)	Qm (mc/s)	Q _{20 anni} (mc/s)	Q _{50 anni} (mc/s)	Q _{100 anni} (mc/s)	Q _{200 anni} (mc/s)	Q _{500 anni} (mc/s)
1	2,34	0,32	17,33	3,58	7,84	9,92	11,53	13,15	14,11
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	0,34	0,32	32,04	0,96	2,11	2,67	3,10	3,53	3,79
2	0,22	0,46	41,11	1,13	2,47	3,12	3,63	4,14	4,81
3	0,11	0,46	31,78	0,45	0,98	1,23	1,44	1,64	1,76
4	0,44	0,46	36,65	2,06	4,50	5,70	6,62	7,55	8,10

TABELLA 4

VERIFICA IDRAULICA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

I CANALI A PELO LIBERO A SEZIONE TRAPEZIA

Il sistema di drenaggio oggetto di verifica idraulica è costituito da una rete di canali a pelo libero ricavate nella roccia lapidea fratturata, che fungono anche da trincee di dispersione sotterranea. Vi sono poi tombini circolari esistenti, trasversali all'Autostrada A3, alimentati dalla citata rete di canali.

Essendo i canali ricavati artificialmente mediante scavi a sezione obbligata, ad essi si può dare una pendenza costante. In tale ipotesi appare sufficiente la verifica dei canali con modellazione idraulica in moto uniforme.

Si verifica, quindi, il canale tipo in roccia senza rivestimento, a sezione trapezia, con pendenza minima pari a 0,4%, base minore al fondo dello scavo pari a 1m, inclinazione media delle sponde pari a 45°, rappresentato in Figura 11, con scala di deflusso riportata in Figura 12.

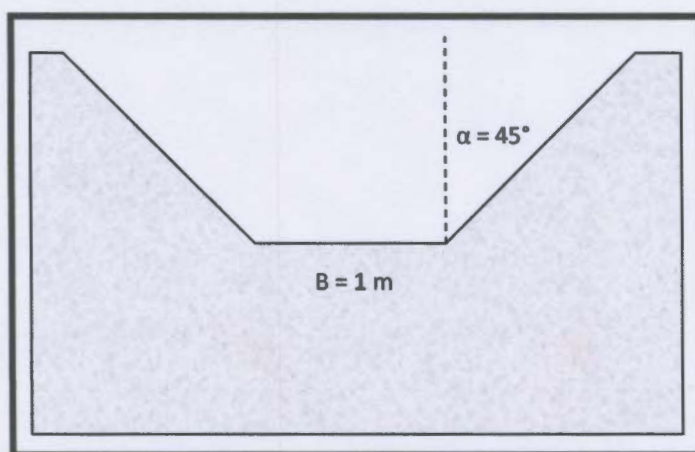


FIGURA 11



FIGURA 12

Il canale tipo a sezione trapezia sarà realizzato nei bacini rubricati nella Tabella che segue. Nella colonna della densità di drenaggio è riportato il numero di canali che in ogni bacino svolgono l'ufficio idraulico e in cui si ripartiscono le portate in Tabella 4.

La profondità minima di scavo da assegnare ai canali è quella riportata nell'ultima colonna a destra della Tabella 5.

Bacino di riferimento	Densità drenaggio	$Q_{20 \text{ anni}}$ (mc/s)	$Q_{50 \text{ anni}}$ (mc/s)	$Q_{100 \text{ anni}}$ (mc/s)	Profondità min. canale (m)
1 – Solo versante sud Colle Mancuso	2	1,05	1,33	1,55	1,00
2	3	0,82	1,04	1,21	0,80
3	1	0,98	1,23	1,44	0,90
4	2	2,25	2,85	3,31	1,40

TABELLA 5

I TOMBINI A SEZIONE CIRCOLARE

Anche per la verifica dei tombini si presuppone un funzionamento idraulico in moto uniforme, con pareti interne dello speco in calcestruzzo non in perfette condizioni, a sezione circolare, con pendenza minima pari a 1,0%, diametro nominale dello speco pari a 1000 mm, con scala di deflusso riportata in Figura 13.

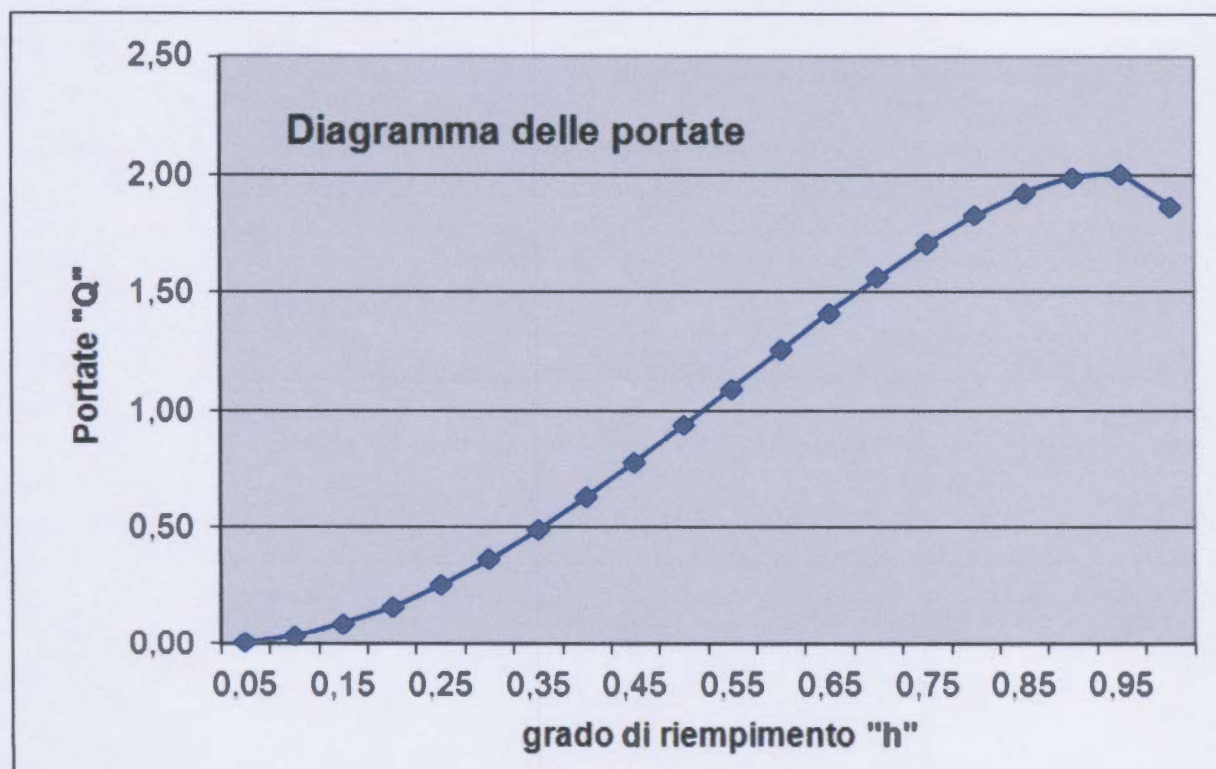


FIGURA 13

I tombini esistenti sono distribuiti in un numero pari a quello riportato nella Tabella che segue. Per tale motivo le portate di piena vengono distribuite come indicato nella stessa Tabella, in cui per semplificare e in ipotesi conservativa si è posto che tutti i tombini circolari abbiano diametro di 1000 mm (in realtà, come si evince dalla Figura 8, vi è un tombino del diametro di 2000 mm).

Il grado massimo di riempimento dei tombini esistenti è quello riportato nell'ultima colonna a destra della Tabella 6.

Bacino di riferimento	N° tombini	Q _{20 anni} (mc/s)	Q _{50 anni} (mc/s)	Q _{100 anni} (mc/s)	Grado massimo di riempimento (%)
2	3	0,82	1,04	1,21	55
3	2	0,49	0,62	0,72	45
4	3	1,50	1,90	2,21	—

Tabella 6

Dalla Tabella 6 si evince che il sistema esistente di tombini a servizio del bacino 4 non è sufficiente a smaltire le portate di piena 50-ennali, ma solo quelle 20-ennali. Per questo motivo si è preferito adottare, a presidio idraulico dei tombini, la soluzione progettuale che prevede la realizzazione di due vasche di dispersione sotterranea ampie circa 4.000 mq ognuna, per un totale di 12.000 mq, e di profondità pari a 3 m.

LA VASCA DI DISPERSIONE

Il criterio di dimensionamento di tutti i sistemi d'infiltrazione va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume invasato nel sistema. Tale confronto può essere espresso con la seguente equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante, in cui per semplicità e a vantaggio di sicurezza è stata trascurata l'evaporazione:

$$(Q_i - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

con:

Q_i portata d'ingresso;

Q_f portata infiltrazione

Δt intervallo di tempo

ΔW variazione del volume invasato nel mezzo filtrante nell'intervallo Δt .

Per quanto riguarda i metodi di determinazione dell'idrogramma di piena, e quindi della portata Q_i , si pone il tempo di ritorno pari a 100 anni.

La capacità d'infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione con la legge di Darcy:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A$$

con:

Q_f portata d'infiltrazione [m^3/s];

K permeabilità (o coefficiente di permeabilità) [m/s];

J cadente piezometrica [m/m];

A superficie netta d'infiltrazione [m^2]

Nella Tabella 7 sono riportati i valori di K per alcuni suoli tipici. Al fine di tener conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984]. La cadente piezometrica J può essere posta pari a 1, qualora il tirante idrico sulla superficie filtrante sia trascurabile rispetto all'altezza della strato filtrante e la superficie della falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

Tipo di suolo	K (m/s)	Permeabilità
ciottoli, ghiaia (senza elementi fini)	$> 10^{-2}$	elevata
sabbia, sabbia e ghiaia	$10^{-2} + 10^{-5}$	buona
sabbia fine, limo, argilla con limo e sabbia	$10^{-5} + 10^{-9}$	cattiva
argilla omogenea	$10^{-9} + 10^{-11}$	impermeabile

TABELLA 7

L'equazione di continuità può essere risolta per passi, fissando un intervallo temporale di risoluzione fisso o variabile.

Per qualunque sistema d'infiltrazione dotato di accumulo, occorre verificare che lo svuotamento, dopo la fine dell'evento piovoso, avvenga in un tempo non maggiore di quello medio stimato fra due eventi successivi (di solito si garantisce un tempo di svuotamento non superiore a 4 giorni).

La portata Q_f può essere calcolata con la seguente espressione:

$$Q_f = (K/2) \cdot J \cdot A_f$$

In tale espressione il primo termine in parentesi rappresenta la permeabilità in condizioni insature, pari alla metà di quella in condizioni sature; il secondo termine costituisce invece la cadente piezometrica, infine A_f rappresenta la superficie orizzontale drenante effettiva, calcolabile come quella di una superficie la cui dimensione rispetto alla base della vasca è più grande di $z/2$, con z pari al livello dell'acqua nella vasca.

Per vasche caratterizzate da dimensioni planari di ordine di grandezza superiori a quelle di profondità, si può assumere, con buona approssimazione, A_f pari all'area della superficie di coronamento della vasca.

Per definire le portate d'ingresso alla vasca si procede come segue.

Come detto nel capitolo dell'idrologia, moltiplicando la (2) per il coefficiente di crescita K_T , con T pari al tempo di ritorno in anni – che nel caso specifico è pari a 100 anni, si ottiene la portata in ingresso alla vasca, espressa in m^3/s definita dalla (5).

$$Q_i(d)_{100} = C_f \cdot i(t_c) \cdot S \cdot K_{100} / 3,6 \quad (5)$$

Il rapporto tra la portata d'ingresso e l'area – in mq – della superficie di coronamento della vasca restituisce la velocità di ingresso dell'acqua piovana nella vasca $w^{in}(d)_{100} = Q_i(d)_{100} / A_{\text{coronamento vasca}}$.

Nel momento stesso in cui le vasche iniziano a riempirsi, l'acqua si infila nel sottosuolo. In ipotesi conservative si può supporre che alla base delle vasche si depositi col tempo del materiale sabbioso, che riduca la permeabilità ai valori tipici delle sabbie sature, pari a 12 cm/h, ovvero $w^{out} = 0,000033 \text{ m/s}$.

Pertanto la velocità di riempimento effettiva della vasca è pari a:

$$w^{eff}(d)_{100} = w^{in}(d)_{100} - w^{out} = w^{in}(d)_{100} - 0,000033 \text{ m/s}$$

Il prodotto della velocità di riempimento effettiva della vasca con la durata della meteora espressa in secondi e l'area della superficie di coronamento della vasca restituisce il volume effettivo che verrebbe invasato dalla vasca a seguito dell'evento meteorico centennale di durata d :

$$V^{eff}(d)_{100} = w^{eff}(d)_{100} \cdot 3'600 \cdot d \cdot A_{\text{coronamento vasca}}$$

Ebbene, la funzione $V^{eff}(d)_{100}$ inizialmente cresce al crescere di d , poi raggiunge un valore massimo e infine diventa decrescente. Ciò è dovuto al fatto che la velocità di infiltrazione nel sottosuolo tende ad annullare la velocità di riempimento per temporali di durata molto lunga, per i quali l'intensità media di pioggia diventa molto bassa. Ovviamente più larga è la vasca, più si riduce la velocità d'ingresso dell'acqua e più il picco della funzione $V^{eff}(d)_{100}$ si verifica per valori di durata inferiori d .

Il tempo di svuotamento in ore della vasca di dispersione tiene conto della sola velocità di uscita w^{out} ed è dato da:

$$t^{sv}(d)_{100} = V^{eff}(d)_{100} / (3'600 \cdot A_{\text{coronamento vasca}} \cdot w^{out})$$

qualora $V^{eff}(d)_{100}$ venga espresso in m^3 , $A_{\text{coronamento vasca}}$ venga espresso in m^2 w^{out} venga espresso in m/s .

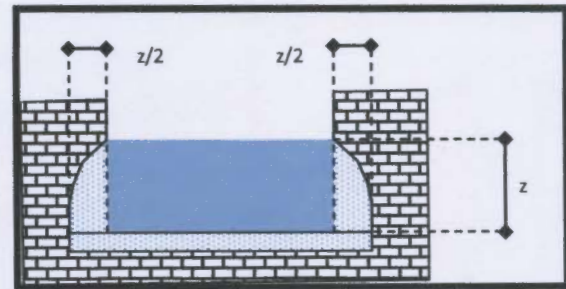


FIGURA 14: SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEI FENOMENI DI INFILTRAZIONE IN MEZZI INSATURI

Qualora alla vasca di dispersione si vuole far assumere anche l'ufficio di laminazione, non è necessario che i volumi d'acqua meteorici siano totalmente contenuti nella vasca stessa. È sufficiente, infatti, che le vasche assorbano i volumi più rilevanti, si riempiano fino all'orlo e rilascino l'acqua in eccesso.

Se la vasca ha volume pari a V_{vasca} e risulta che $V^{eff}(d)_{100}$ è superiore a V_{vasca} , la portata in uscita dalla vasca sarà pari a quella in ingresso.

Nel caso specifico viene verificata una vasca di dispersione in prossimità del cimitero, con area della superficie di coronamento pari 4'000 mq, da realizzare con una profondità minima di 3,0 m, con un angolo di scarpata caratterizzata da una pendenza media di 45°. Vengono anche verificate le due vasche di dispersione a sud-est dell'area di cava, con area della superficie di coronamento pari a 2'000 mq ognuna, da realizzare con una profondità minima di 3,0 m, con un angolo di scarpata caratterizzato da una pendenza media di 45°.

Nella tabella 8 sono riportati i passaggi di calcolo per diverse durate d delle meteore per la vasca che si propone di progettare, per la dispersione delle acque provenienti dall'area di cava, caratterizzata da un'ampiezza di 0,345 kmq di superficie, in ipotesi di un evento meteorico caratterizzato da un tempo di ritorno 100-ennale. Da come si evince dalla colonna, riportante l'altezza di invaso efficace $h^{eff}(d)_{100}$, la vasca assorbirebbe completamente le acque meteoriche per eventi di pioggia di diversa durata. In particolare l'evento di pioggia che cimenterebbe al massimo la vasca è quello di durata compreso tra le 4 e le 5 ore, che provocherebbe un tirante idrico nella vasca pari a 1,41 m. Per meteore di durata superiore alle 20 ore, la bassa intensità di pioggia diventa compatibile con la capacità di assorbimento immediata della vasca di dispersione, che non tende proprio a riempirsi.

Il franco di sicurezza che avrebbe la vasca in condizioni di massimo riempimento, superiore a 1,5 m, consente di poter laminare l'acqua proveniente dal vallone che transita in prossimità del cimitero, con benefici idraulici indubbi.

Ne consegue che la realizzazione di una vasca di dispersione con ampiezza al coronamento di 8'000 m² e una profondità minima di 3 m, da realizzare poco a monte dell'imbocco del tratto tombinato nei pressi del Cimitero, consente di disperdere nel sottosuolo tutta l'acqua meteorica proveniente dal bacino di cava, sottratto ai sottopassi dell'Autostrada A3, nonché di laminare le piene provenienti dal bacino di alimentazione del vallone transitante in prossimità del cimitero.

Nella tabella 9 sono invece riportati i passaggi di calcolo per diverse durate d delle meteore per le due vasche che si propone di progettare nel bacino idrografico rubricato al numero 4, per la dispersione delle acque provenienti dall'area di cava, caratterizzata da un'ampiezza di 0,443 kmq di superficie, in ipotesi di un evento meteorico caratterizzato da un tempo di ritorno 100-ennale. Da come si evince dalla colonna, riportante l'altezza di invaso efficace $h^{eff}(d)_{100}$, le due vasche di 2'000 mq ognuna, profonde 3 m, non riescono ad assorbire completamente i volumi di pioggia di eventi di durata compresa tra le 2 e le 40 ore. La massima portata di pioggia fuoriuscente dalle vasche assommerebbe a 2,16 m³/s, che suddivisa tra i tre tombini posti più a valle e a presidio dell'Autostrada A3 (con riferimento alle acque meteoriche ricadenti nel Bacino rubricato al n°4), restituisce una portata di esercizio 100-ennale per tombino pari a 0,72 m³/s, da cui deriva un grado di riempimento per tombino pari al 45% (cfr. Figura 13 e Tabella 10).

Ne consegue che la realizzazione delle due vasche di dispersione con ampiezza al coronamento di 2'000 m² ognuna e una profondità minima di 3 m, da realizzare a sud-est del comparto di cava, consente di disperdere nel sottosuolo tutta l'acqua meteorica proveniente dal bacino di cava ampio 0,443 kmq, per meteore di durata fino a 2 ore; per meteore di durata superiore o uguale a 2 ore, le vasche consentiranno di laminare la portata di corrivazione e di farla giungere ai 3 tombini dell'Autostrada A3, in modo tale che tali tombini risultino verificati con la piena di riferimento 100-ennale.

d	h(d)	i(d)	Qi(d)100	win(d)100	wout	weff(d)100	Veff(d)100	heff(d)100	tsv(d)100
h	(mm)	mm/h	mc/s	m/s	m/s	m/s	mc	m	
0,01	0,75	75,43	7,45	0,00093	0,00003	0,00090	259,52	0,03	0,30
0,02	1,48	73,85	7,29	0,00091	0,00003	0,00088	507,76	0,06	0,59
0,03	2,17	72,33	7,14	0,00089	0,00003	0,00086	745,49	0,09	0,86
0,04	2,84	70,89	7,00	0,00087	0,00003	0,00084	973,42	0,12	1,13
0,05	3,48	69,50	6,86	0,00086	0,00003	0,00083	1192,18	0,15	1,38
0,06	4,09	68,18	6,73	0,00084	0,00003	0,00081	1402,36	0,18	1,62
0,07	4,68	66,91	6,61	0,00083	0,00003	0,00080	1604,50	0,20	1,86
0,08	5,26	65,69	6,49	0,00081	0,00003	0,00078	1799,08	0,22	2,08
0,09	5,81	64,52	6,37	0,00080	0,00003	0,00077	1986,55	0,25	2,30
0,10	6,34	63,40	6,26	0,00078	0,00003	0,00075	2167,32	0,27	2,51
0,20	10,83	54,16	5,35	0,00067	0,00003	0,00064	3677,84	0,46	4,26
0,30	14,24	47,47	4,69	0,00059	0,00003	0,00056	4803,50	0,60	5,56
0,40	16,95	42,39	4,19	0,00052	0,00003	0,00049	5681,39	0,71	6,58
0,50	19,19	38,37	3,79	0,00047	0,00003	0,00044	6388,84	0,80	7,39
0,60	21,07	35,12	3,47	0,00043	0,00003	0,00040	6973,10	0,87	8,07
0,70	22,70	32,43	3,20	0,00040	0,00003	0,00037	7464,88	0,93	8,64
0,80	24,13	30,16	2,98	0,00037	0,00003	0,00034	7885,07	0,99	9,13
0,90	25,39	28,21	2,79	0,00035	0,00003	0,00032	8248,47	1,03	9,55
1,00	26,53	26,53	2,62	0,00033	0,00003	0,00030	8565,87	1,07	9,91
2,00	34,00	17,00	1,68	0,00021	0,00003	0,00018	10357,03	1,29	11,99
3,00	38,32	12,77	1,26	0,00016	0,00003	0,00013	11031,65	1,38	12,77
4,00	41,39	10,35	1,02	0,00013	0,00003	0,00010	11256,95	1,41	13,03
5,00	43,77	8,75	0,86	0,00011	0,00003	0,00008	11241,05	1,41	13,01
6,00	45,74	7,62	0,75	0,00009	0,00003	0,00006	11074,74	1,38	12,82
7,00	47,41	6,77	0,67	0,00008	0,00003	0,00005	10805,58	1,35	12,51
8,00	48,87	6,11	0,60	0,00008	0,00003	0,00005	10461,55	1,31	12,11
9,00	50,17	5,57	0,55	0,00007	0,00003	0,00004	10060,49	1,26	11,64
10,00	51,35	5,14	0,51	0,00006	0,00003	0,00003	9614,49	1,20	11,13
11,00	52,42	4,77	0,47	0,00006	0,00003	0,00003	9132,10	1,14	10,57
12,00	53,41	4,45	0,44	0,00005	0,00003	0,00002	8619,64	1,08	9,98
13,00	54,33	4,18	0,41	0,00005	0,00003	0,00002	8081,86	1,01	9,35
14,00	55,19	3,94	0,39	0,00005	0,00003	0,00002	7522,46	0,94	8,71
15,00	55,99	3,73	0,37	0,00005	0,00003	0,00002	6944,37	0,87	8,04
16,00	56,75	3,55	0,35	0,00004	0,00003	0,00001	6349,95	0,79	7,35
17,00	57,47	3,38	0,33	0,00004	0,00003	0,00001	5741,14	0,72	6,64
18,00	58,15	3,23	0,32	0,00004	0,00003	0,00001	5119,52	0,64	5,93
19,00	58,80	3,09	0,31	0,00004	0,00003	0,00001	4486,45	0,56	5,19
20,00	59,42	2,97	0,29	0,00004	0,00003	0,00001	3843,05	0,48	4,45

TABELLA 8

d	h(d)	i(d)	Qi(d)100	win(d)100	wout	weff(d)100	Veff(d)100	heff(d)100	Qout(d)100
h	(mm)	mm/h	mc/s	m/s	m/s	m/s	mc	m	mc/s
0,01	0,75	75,43	9,56	0,00239	0,00003	0,00236	340,01	0,09	0,00
0,02	1,48	73,85	9,36	0,00234	0,00003	0,00231	665,54	0,17	0,00
0,03	2,17	72,33	9,17	0,00229	0,00003	0,00226	977,58	0,24	0,00
0,04	2,84	70,89	8,99	0,00225	0,00003	0,00222	1277,02	0,32	0,00
0,05	3,48	69,50	8,81	0,00220	0,00003	0,00217	1564,70	0,39	0,00
0,06	4,09	68,18	8,64	0,00216	0,00003	0,00213	1841,36	0,46	0,00
0,07	4,68	66,91	8,48	0,00212	0,00003	0,00209	2107,69	0,53	0,00
0,08	5,26	65,69	8,33	0,00208	0,00003	0,00205	2364,31	0,59	0,00
0,09	5,81	64,52	8,18	0,00205	0,00003	0,00202	2611,81	0,65	0,00
0,10	6,34	63,40	8,04	0,00201	0,00003	0,00198	2850,71	0,71	0,00
0,20	10,83	54,16	6,87	0,00172	0,00003	0,00169	4858,04	1,21	0,00
0,30	14,24	47,47	6,02	0,00150	0,00003	0,00147	6371,20	1,59	0,00
0,40	16,95	42,39	5,37	0,00134	0,00003	0,00131	7566,21	1,89	0,00
0,50	19,19	38,37	4,87	0,00122	0,00003	0,00119	8542,35	2,14	0,00
0,60	21,07	35,12	4,45	0,00111	0,00003	0,00108	9360,33	2,34	0,00
0,70	22,70	32,43	4,11	0,00103	0,00003	0,00100	10059,54	2,51	0,00
0,80	24,13	30,16	3,82	0,00096	0,00003	0,00093	10666,83	2,67	0,00
0,90	25,39	28,21	3,58	0,00089	0,00003	0,00086	11201,20	2,80	0,00
1,00	26,53	26,53	3,36	0,00084	0,00003	0,00081	11676,50	2,92	0,00
2,00	34,00	17,00	2,16	0,00054	0,00003	0,00051	14653,88	3,66	2,16
3,00	38,32	12,77	1,62	0,00040	0,00003	0,00037	16197,55	4,05	1,62
4,00	41,39	10,35	1,31	0,00033	0,00003	0,00030	17164,28	4,29	1,31
5,00	43,77	8,75	1,11	0,00028	0,00003	0,00025	17821,28	4,46	1,11
6,00	45,74	7,62	0,97	0,00024	0,00003	0,00021	18285,16	4,57	0,97
7,00	47,41	6,77	0,86	0,00021	0,00003	0,00018	18616,98	4,65	0,86
8,00	48,87	6,11	0,77	0,00019	0,00003	0,00016	18852,65	4,71	0,77
9,00	50,17	5,57	0,71	0,00018	0,00003	0,00015	19015,09	4,75	0,71
10,00	51,35	5,14	0,65	0,00016	0,00003	0,00013	19119,82	4,78	0,65
11,00	52,42	4,77	0,60	0,00015	0,00003	0,00012	19177,84	4,79	0,60
12,00	53,41	4,45	0,56	0,00014	0,00003	0,00011	19197,23	4,80	0,56
13,00	54,33	4,18	0,53	0,00013	0,00003	0,00010	19184,11	4,80	0,53
14,00	55,19	3,94	0,50	0,00012	0,00003	0,00009	19143,24	4,79	0,50
15,00	55,99	3,73	0,47	0,00012	0,00003	0,00009	19078,37	4,77	0,47
16,00	56,75	3,55	0,45	0,00011	0,00003	0,00008	18992,53	4,75	0,45
17,00	57,47	3,38	0,43	0,00011	0,00003	0,00008	18888,20	4,72	0,43
18,00	58,15	3,23	0,41	0,00010	0,00003	0,00007	18767,43	4,69	0,41
19,00	58,80	3,09	0,39	0,00010	0,00003	0,00007	18631,95	4,66	0,39
20,00	59,42	2,97	0,38	0,00009	0,00003	0,00006	18483,22	4,62	0,38
30,00	64,48	2,15	0,27	0,00007	0,00003	0,00004	16475,25	4,12	0,27

TABELLA 9

Bacino di riferimento	N° tombini	Q _{100 anni} (mc/s)	Grado massimo di riempimento (%)
4	3	0,72	0,72

TABELLA 10