


Proponente: SILEXTECH S.R.L.

PROGETTO DI NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO
SUL FIUME ARNO IN LOCALITÀ FIRENZE (FI)
DENOMINATO “SANTA ROSA”

RISPOSTE ALLA RICHIESTA D’INTEGRAZIONE

Procedura di verifica di assoggettabilità
(D.Lgs. 152/2006, art. 20; L.R. 10/2010, art. 48).

				
Redatto	Ing. Francesco Paoli			
Rev.	00	Data	18/12/24	
Cod. Doc.		Pagine	1 di 32	

RISPOSTE ALLE RICHIESTE DI INTEGRAZIONE

SETTORE PAESAGGIO

Si riporta di seguito l'intestazione del documento con le richieste di integrazione del Settore Paesaggio limitatamente ai punti relativi ad aspetti di interesse strutturale.



REGIONE TOSCANA
Giunta Regionale

Direzione Urbanistica e Sostenibilità

*Settore Tutela, riqualificazione e valorizzazione del
paesaggio*

Oggetto: Art. 19 del D.Lgs. 152/2006 ed art. 48 della L.R. 10/2010. Procedimento di verifica di assoggettabilità relativo alla realizzazione di un impianto idroelettrico di potenza nominale media di concessione pari a 520 kW in corrispondenza della traversa della Pescaia di Santa Rosa sul Fiume Arno, Comune di Firenze. Proponente: Silextech S.r.l. Avvio del procedimento. **Contributo tecnico istruttorio**

Settore VIA
SEDE

In relazione alla nota **prot. 0510931 del 26/09/2024** pervenuta dal *Settore VIA*, si trasmette il contributo tecnico di competenza, per il procedimento in oggetto.

TOLO SCRASCIA in data 21/10/2024 ore 14:37.

Richieste:

4) verifica dei cedimenti attesi determinati dagli scavi e dalla realizzazione dell'opera, in relazione al possibile interessamento delle infrastrutture esistenti (lungarno Vespucci) e degli edifici presenti nell'area di progetto, atte ad escludere in maniera categorica ogni possibile danno alle strutture o fenomeni di instabilità;

Risposta al punto 4)

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio di centrale nella parte terminale del Canale Curtatone. Tale opera edilizia sarà realizzata con la preventiva demolizione delle murature su cui si attesta la volta in laterizio che chiude in sommità il canale di scarico. Le fasi di realizzazione dell'edificio di centrale saranno le seguenti:

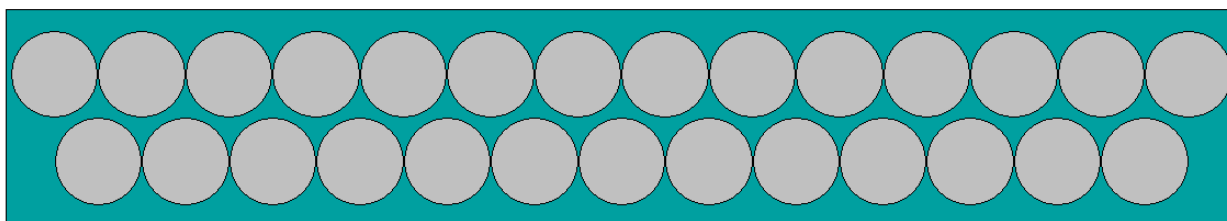
1. Demolizione dell'asfalto e scavo fino a trovare l'estradosso della volta del canale;
2. Demolizione di quota parte della volta del canale;
3. Realizzazione della prima fila di pali della paratia a ridosso del terreno, da entrambi i lati;
4. Demolizione di entrambi i muri del canale;
5. Realizzazione della seconda fila più interna dei pali delle paratie;
6. Scavo per raggiungere la quota d'imposta più bassa per eseguire le fondazioni dell'edificio di centrale;
7. Realizzazione delle fondazioni;
8. Realizzazione dei setti laterali;
9. Realizzazione del solaio intermedio;
10. Realizzazione del solaio in sommità.

Per quantificare gli eventuali spostamenti a cui la struttura potrebbe essere interessata si procede con un pre-dimensionamento della paratia di sostegno del terreno durante la fase di cantiere più delicata. In tale momento le paratie saranno realizzate e non contrastate dalla struttura della centrale avendo così un'altezza libera di circa 12,50m. A tale altezza libera corrisponde un cuneo di spinta del terreno che grava contro la paratia stessa. Come ulteriore carico viene considerato un sovraccarico d'uso, che interesserà l'area a monte del terreno, derivante dal traffico dei veicoli stimato per 5,00 kN/mq.

Le due paratie saranno disposte una in destra e una in sinistra idraulica del condotto, ognuna di esse sarà costituita da una doppia fila di pali in calcestruzzo di circa 80cm di diametro, disposti a quinconce, per tutta la lunghezza della nuova costruzione che sarà circa 11,30m. Con queste ipotesi progettuali e i dati relativi al terreno forniti e riportati dal Geol. Matteo Mantovanelli nella sua relazione, si ottiene uno spostamento massimo in testa alla paratia di poco più di 7cm.

Nell'ottica di relazionare questo dato con una possibile interazione dello scavo con gli edifici di rilievo posti nelle vicinanze del cantiere, e considerando che la distanza dello scavo dal primo edificio è di circa 25m, si ritiene che non ci siano rischi di cedimenti per i fabbricati adiacenti.

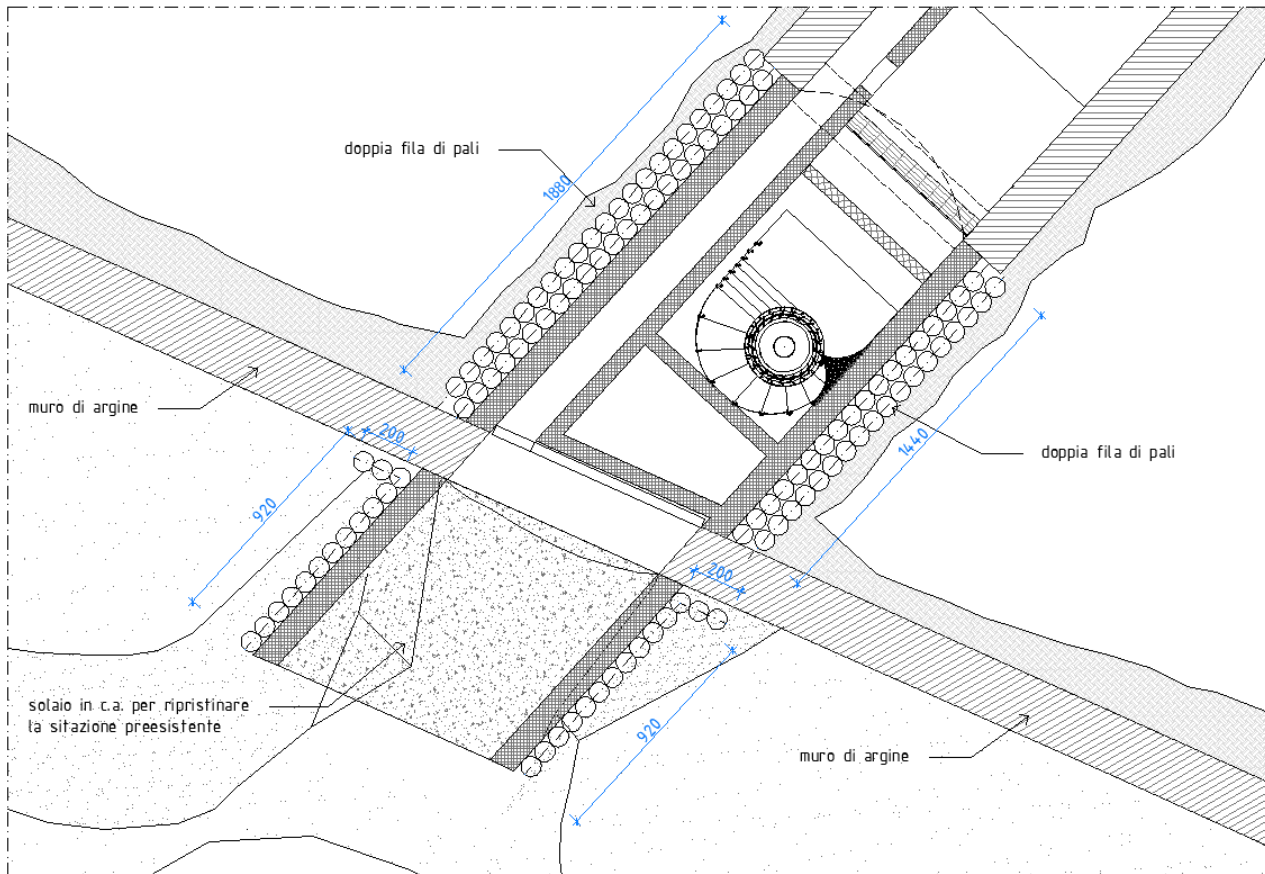
Con l'intento di monitorare eventuali cambiamenti altimetrici e planimetrici dei fabbricati posti nelle vicinanze, si prevede un'attività di controllo cadenzata con strumenti di misurazione topografica che si appoggeranno su punti di riferimento da stabilire "fissi" e punti di riferimento di "controllo". L'obiettivo è quello di ottenere una diagnostica periodica a confermare il non interessamento delle infrastrutture e degli edifici adiacenti.



Disposizione a quinconce dei pali

Anche il muraglione di argine sarà interessato da interventi migliorativi che ne accresceranno la stabilità al piede e ne scongiureranno il rischio di sifonamento. La disposizione dei nuovi pali di fondazione interesserà l'area a valle del muro di argine per un tratto di circa 2,00m da entrambi i lati del canale come si può evincere dalla figura sotto riportata.

PIANTA LOCALE DI RESA | STATO DI PROGETTO | QUOTA +37.00 | scala 1:100



Pianta con individuazione delle palificate

Per l'analisi della paratia è stato realizzato un modello di calcolo con il programma "PAC" di "Aztec Informatica s.r.l. Di seguito si riportano le evidenze delle verifiche condotte.

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adatterà la seguente notazione:

K_{am}	diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av}	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm}	diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv}	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(f)$ e sulla coesione

Calcolo della spinta

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione α rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$\Delta S = S_s - S$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_t l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_t , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k D_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più

praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate). Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} f_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e a_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e f_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	12.50	[m]
Profondità di infissione	20.00	[m]
Altezza totale della paratia	32.50	[m]
Lunghezza paratia	11.30	[m]

Numero di file di pali	2	
Interasse fra le file di pali	0.80	[m]
Interasse fra i pali della fila	0.80	[m]
Diametro dei pali	80.00	[cm]
Numero totale di pali	27	
Numero di pali per metro lineare	2.39	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo

Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]

H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]

W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm³]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm ³]
1	0.00	Calcestruzzo	200.00	80.00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	45.00	0.00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-10.00	-12.50	0.00
2	0.00	-12.50	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine

Descrizione Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

χ coesione del terreno espressa in [kg/cm²]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm ²]
1	limo sabbioso	1900.0	2000.0	26.00	17.33	0.035
2	ghiaie A	1700.0	1800.0	35.90	23.93	0.004
3	ghiaie B	1700.0	1800.0	38.10	25.40	0.002

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm

α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)

Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_n	α_v	Kw _n	Kw _v	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ² /cm]	[kg/cm ² /cm]		
1	9.36	0.00	0.00	1.39	1.39	limo sabbioso	limo sabbioso
2	8.50	0.00	0.00	5.97	5.97	ghiaie A	ghiaie A
3	9.00	0.00	0.00	10.60	10.60	ghiaie B	ghiaie B

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

- γ_{cls} Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
 R_{ck} Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cm²]
E Modulo elastico, espresso in [kg/cm²]
Acciaio Tipo di acciaio
n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls} [kg/mc]	Classe cls	R_{ck} [kg/cm ²]	E [kg/cm ²]	Acciaio	n
Paratia	2500	C32/40	408	343054	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C32/40	408	343054	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

l_g Indice di gruppo

F_x Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle

F_y Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso

M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante

Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle

R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile da traffico - Q_k ($l_g=1$) [$Y_0=0.40$ - $Y_1=0.40$ - $Y_2=0.00$]

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 0.00$	$X_f = 27.00$	$Q_i = 500$	$Q_f = 500$	
--------------------------------	--------------	---------------	-------------	-------------	--

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Q_k	SFAV	1.35	1.00

Combinazione n° 2 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 3 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Qk	SFAV	1.15	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Qk	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Qk	SFAV	1.00	0.40

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	g	Y
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	g_{tanf}	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	g_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	g_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Resistenza a compressione uniassiale	g_{cu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	g_s	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali: Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\ctga + \ctgq) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot a_c \cdot f_{cd}' \cdot (\ctg(q) + \ctg(a)) / (1.0 + \ctgq^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sw}	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
a_c	coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e s_{cp}
s_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$	

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$
	$w_2 = 0.30$
	$w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008-2018 - I° Formulazione
<u>Verifica delle tensioni</u>	
Combinazione di carico	Rara $s_c < 0.60 f_{ck}$ - $s_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente $s_c < 0.45 f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza d (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine	43.768732
Longitudine	11.256901
Comune	Firenze
Provincia	Firenze
Regione	Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 20059 - 19837 - 19836 - 20058

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera provvisoria
Vita nominale	10 anni
Classe d'uso	I - Presenza occasionale di persone
Vita di riferimento	7 anni

Combinazioni/Fase	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $[m/s^2]$	0.604	0.456
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.599	2.553

Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.274	0.253
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (a)	0.830	0.830
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.130	0.130
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (b)	0.485	0.485
Prodotto a b	0.403	> 0.2
Coefficiente di intensità sismica (percento)	2.973	2.248
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 250 elementi fuori terra e 400 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	12.50	[m]
Profondità di infissione	20.00	[m]
Altezza totale della paratia	32.50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{pa} [m]	Is [kg]	Y _{is} [m]	Pw [kg]	Y _{pw} [m]	Pp [kg]	Y _{pp} [m]	Pc [kg]	Y _{pc} [m]
1	SLU - STR	53593	8.01	--	--	--	--	-104011	15.65	50420	23.78
2	SLV - GEO	38278	8.17	2663	8.33	--	--	-78329	15.63	37389	23.78
3	SLU - GEO	53200	8.18	--	--	--	--	-113194	16.98	59996	24.79
4	SLE - Rara	40308	8.07	--	--	--	--	-77724	15.63	37417	23.76
5	SLE - Frequente	39198	8.13	--	--	--	--	-75119	15.60	35922	23.75
6	SLE - Quasi permanente	38468	8.16	--	--	--	--	-73416	15.58	34949	23.74

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{rc} [m]	Rt [kg]	Y _{rt} [m]	Rv [kg]	Y _{rv} [m]	Rp [kg]	Y _{rp} [m]
1	SLU - STR	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	SLV - GEO	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	SLU - GEO	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4	SLE - Rara	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5	SLE - Frequente	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6	SLE - Quasi permanente	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P _{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C _{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R _{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp	Portanza di punta, espressa in [kg]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	Pp [m]
1	SLU - STR	12.78	14.45	19.21	9.98	1.56	1095231
2	SLV - GEO	12.79	14.45	19.21	9.73	1.52	1095231
3	SLU - GEO	13.20	16.56	20.34	20.20	4.60	503216
4	SLE - Rara	12.78	14.45	19.20	9.73	1.51	1095231
5	SLE - Frequente	12.77	14.40	19.18	9.48	1.46	1095231
6	SLE - Quasi permanente	12.77	14.35	19.17	9.23	1.42	1095231

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y _n [m]	T [kg]	Y _t [m]	N [kg]	Y _n [m]	
1	SLU - STR	336346	15.15	53591	12.75	97584	32.50	MAX
		-5932	28.31	-48297	19.21	0	0.00	MIN
2	SLV - GEO	249415	15.15	40940	12.75	97584	32.50	MAX
		-4398	28.31	-35815	19.21	0	0.00	MIN
3	SLU - GEO	387868	16.61	53198	13.15	97584	32.50	MAX
		-3601	29.41	-58256	20.31	0	0.00	MIN
4	SLE - Rara	249697	15.15	40307	12.75	97584	32.50	MAX
		-4431	28.31	-35837	19.16	0	0.00	MIN
5	SLE - Frequente	239807	15.15	39197	12.75	97584	32.50	MAX
		-4283	28.31	-34400	19.16	0	0.00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	233383	15.10	38466	12.75	97584	32.50	MAX
		-4185	28.26	-33465	19.16	0	0.00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y ₀	V	Y _v	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	SLU - STR	5.6836	0.00	0.0385	0.00	MAX
		-0.0719	22.56	0.0000	0.00	MIN
2	SLV - GEO	4.1901	0.00	0.0385	0.00	MAX
		-0.0533	22.56	0.0000	0.00	MIN
3	SLU - GEO	7.3778	0.00	0.0385	0.00	MAX
		-0.0877	23.71	0.0000	0.00	MIN
4	SLE - Rara	4.2033	0.00	0.0385	0.00	MAX
		-0.0533	22.56	0.0000	0.00	MIN
5	SLE - Frequente	4.0212	0.00	0.0385	0.00	MAX
		-0.0512	22.51	0.0000	0.00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	3.9034	0.00	0.0385	0.00	MAX
		-0.0498	22.51	0.0000	0.00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase

Tipo Tipo combinazione/Fase

Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]

U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	[cm]
1	SLU - STR	13.0000	5.6836
2	SLV - GEO	13.0000	4.1901
3	SLU - GEO	13.0000	7.3778
4	SLE - Rara	13.0000	4.2033
5	SLE - Frequente	13.0000	4.0212
6	SLE - Quasi permanente	13.0000	3.9034

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]

R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]

W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]

T Reazione tiranti espresso in [kg]

P Reazione puntoni espresso in [kg]

V Reazione vincoli espresso in [kg]

C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]

Y Punto di applicazione, espresso in [m]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento

FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RB}	FS _{SCO}
		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]		
3	SLU - GEO	280660 20.76	2444789 26.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	0 0.00	3102063	14852443	4.788	8.654

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f area di armatura del palo espressa in [cmq]
M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
F_s coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A _f	M	N	M _u	N _u	F _S
	[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
3 - SLU - GEO	16.61	169.65	162330	20870	183639	23609	1.131

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kg]
F_S coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/ V_{Ed})

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68.28 cm

n° - Tipo	Y	A _{sw}	s	V _{Ed}	V _{Rd}	F _S
	[m]	[cmq]	[cm]	[kg]	[kg]	
3 - SLU - GEO	20.31	1.57	15.00	-24381	60437	2.479

Verifica tensioni

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f area di armatura espressa in [cmq]
s_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cm²]
s_f tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm²]

A_f	s_c	cmb	s_f	cmb
[cmq]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
169.65	145.70	6	3100.07	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Oggetto Muro/Paratia

Y Ordinata sezione, espresso in [m]

M Momento agente, espresso in [kgm]

M_f Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]

s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]

e_{sm} Deformazione nelle fessure, espressa in [%]

w_{lim} Apertura limite fessure, espressa in [mm]

w_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M_f	s	e_{sm}	w_{lim}	w_k
		[m]	[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	6 - SLE - Quasi permanente	15.10	97675	22966	124.101	0.1335	0.300	0.282

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale

T_h taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale

M_v momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale

T_v taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0.00 m) (Cordolo in c.a.)

B=200.00 [cm] H=80.00 [cm]

A_{fv} =50.27 [cmq] A_{fh} =46.24 [cmq] Staffe f10/5 Nb_h=2 - Nb_v=2

M_h =34299 [kgm] M_{uh} =382357 [kgm] FS=11.15

T_h =68599 [kg] T_{Rh} =221124 [kg] FS_T=3.22

M_v =1280 [kgm] M_{uv} =146126 [kgm] FS=114.16

T_v =3200 [kg] T_R =85742 [kg] FS_{T_v}=26.79

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC – Analisi e Calcolo Paratie
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco – Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Sertec S.a.s. di Messina, Paolini e C.
Licenza	AIU3736E4

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

SETTORE COMUNE FIRENZE E PATRIMONIO IMMOBILIARE

Si riporta di seguito l'intestazione del documento con le richieste di integrazione del Comune di Firenze limitatamente ai punti relativi ad aspetti di interesse strutturale.



Firenze, 28 ottobre 2023

OGGETTO: [ID 2322] Art. 19 del D.Lgs. 152/2006 ed art. 48 della L.R. 10/2010. Procedimento di verifica di assoggettabilità relativo alla realizzazione di un impianto idroelettrico di potenza nominale media di concessione pari a 520 kW in corrispondenza della traversa della Pescaia di Santa Rosa sul Fiume Arno, Comune di Firenze. Proponente: Silextech S.r.l. Avvio del procedimento e richiesta di contributi tecnici istruttori. **Invio contributo**

PREMESSA

Con nota acquisita dal protocollo generale con il n. 315959 del 26.09.2024, il Settore Valutazione Impatto Ambientale della Regione Toscana ha comunicato l'avvio del procedimento in oggetto e quindi richiesto i contributi tecnici istruttori ai vari soggetti in indirizzo nella missiva.

Per quanto richiesto dal suddetto Settore, il Servizio scrivente, esaminata la documentazione trasmessa, riporta di seguito il proprio contributo per gli aspetti di competenza.

Il contributo, che riporta anche il parere del Servizio Gestione Patrimonio, della Direzione Patrimonio Immobiliare, è stato elaborato secondo le modalità di cui all'Allegato E della DGR 1196/2019, come richiesto dal Settore regionale.

Richieste:

2) Ad integrazione si richiedono pertanto valutazioni sulla "tenuta" idraulica delle strutture perimetrali dei canali Macinante e Curtatone e quindi sulla possibilità di infiltrazioni e fuoriuscite d'acqua che possano interessare eventuali locali interrati prossimi ai canali stessi o terreni confinanti.

7) Per quanto sopra rilevato si ritiene necessario che, ad integrazione, sia dato seguito a quanto richiesto da Publiacqua SpA nel contributo (rif. nota ns. prot. n.347711 del 21.10.2024) in merito alla "verifica di fattibilità della restituzione delle acque all'interno del canale scolmatore recapitante in Arno, simulando l'attivazione dello scolmatore e la portata di rilascio contemporanea.". Dagli schemi di funzionamento in possesso dello scrivente Servizio si segnala inoltre che nel "nodo" Curtatone è presente anche uno scolmatore del condotto fognario Chiesi, che pertanto va considerato nel funzionamento generale del sistema. Infatti, a quanto richiesto da Publiacqua, si ritiene necessario aggiungere che la verifica idraulica deve considerare anche il possibile rigurgito (dovuto alla presenza della turbina in uscita) verso il canale Macinante, nel tratto di monte dall'intersezione del Curtatone verso l'opera di presa, per una valutazione

dei livelli idrici che possono essere raggiunti da relazionare poi rispetto al costruito esistente. Si richiede inoltre che sia garantita la funzione di scolmatore del Curtatone anche in fase di cantiere (in particolare quando sarà realizzata la Centrale) o che siano individuati gli interventi o le procedure necessarie a dare scolmo al sistema fognario afferente in tale fase.

Risposta al punto 2)

Per quanto riguarda la tenuta idraulica delle strutture perimetrali dei canali ad un primo esame visivo degli elementi murari della struttura non si evincono situazioni di discontinuità e/o fessure che possano tradursi in una scarsa tenuta idrica. In ogni caso sarà eseguita un'ispezione in fase di lavorazione più attenta ed eseguite delle suture localizzate qualora fosse necessario.

Si riportano di seguito delle immagini rappresentative dello stato dei luoghi effettuate durante un'ispezione del Canale Macinante.



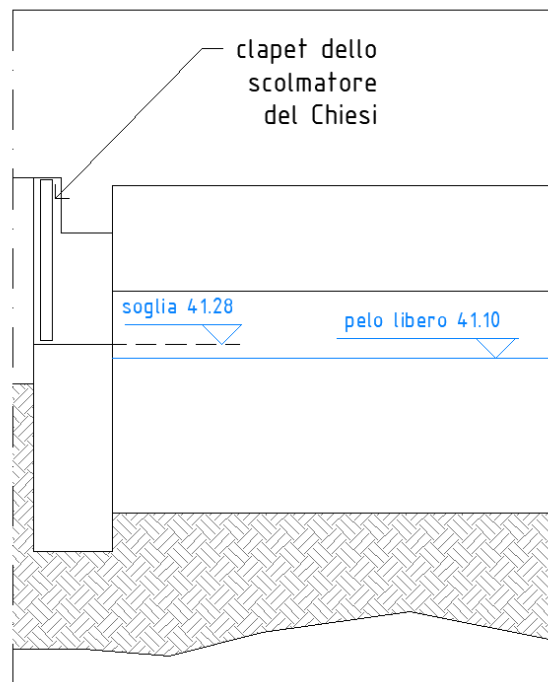
Vista della muratura in prossimità dello snodo tra Macinante e Curtatone



Vista della muratura in corrispondenza dello scolmatore del Chiesi

Risposta al punto 7)

Lo scolmatore del condotto fognario Chiesi sul Condotto Curtatone è stata rappresentata nella Sez. 3-3 nella tav. 4.4. La soglia inferiore dello scolmatore si trova a quota assoluta +41,28m s.l.m., pertanto si trova 18cm più alta del livello del pelo libero in fase di esercizio, come da verifica idraulica condotta e riportata tra gli allegati nella relazione a firma dell'Ing. Paolo Mazzoli. Questa condizione garantisce la possibilità di scolmare sul canale Curtatone in regime ordinario. Durante le fasi di cantiere sarà predisposta una tubazione che raccolga le eventuali acque di scolmo per tutta la lunghezza del Curtatone e che permetta di superare la tura provvisoria posta all'uscita del canale. Tale tubazione raccoglierà anche le acque provenienti dal Canale Macinante.



Stralcio della Sezione 3-3 che riporta Lo scolmatore del Chiesi e le quote di riferimento

SETTORE AUTORITA' IDRICA TOSCANA

Si riporta di seguito l'intestazione del documento con le richieste di integrazione dell'Autorità Idrica Toscana limitatamente ai punti relativi ad aspetti di interesse strutturale.

Autorità Idrica Toscana

Firenze, prot. e data da P.E.C.

A:

Spett/le REGIONE TOSCANA

Direzione Tutela dell'Ambiente ed Energia

Settore Valutazione Impatto Ambientale

Arch. Carla Chiodini

E. p.c.:

Spett/le PUBLIACQUA S.p.A.

alla c.a. del Dirigente Gestione Operativa

Ing. Cristiano Agostini

OGGETTO: [ID 2322] ART. 19 DEL D.LGS. 152/2006 ED ART. 48 DELLA L.R. 10/2010. PROCEDIMENTO DI VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO IDROELETTRICO DI POTENZA NOMINALE MEDIA DI CONCESSIONE PARI A 520 KW IN CORRISPONDENZA DELLA TRAVERSA DELLA PESCAIA DI SANTA ROSA SUL FIUME ARNO, COMUNE DI FIRENZE. PROPONENTE: SILEXTECH S.R.L.
CONTRIBUTO ISTRUTTORIO.

Con riferimento alla comunicazione di avvio del procedimento e richiesta di contributi istruttori in oggetto, inviata dalla Regione Toscana - Direzione Tutela dell'Ambiente ed Energia - Settore Valutazione Impatto Ambientale con prot. n. 510931/2024 (in atti prot. AIT n. 13638/2024), tenuto conto delle competenze dell'Autorità Idrica Toscana e preso atto delle caratteristiche del progetto in esame, dell'ubicazione degli interventi di progetto e delle fasi di cantiere, descritti negli elaborati costituenti lo "Studio preliminare ambientale", si riportano le seguenti valutazioni.

In considerazione di quanto sopra valutato, si chiede che il Proponente verifichi con il Gestore del S.I.I. Publiacqua Spa, la compatibilità delle ipotesi di progetto con la presa dell'acquedotto e integri la documentazione trasmessa con un elaborato grafico, realizzato mediante un rilievo di dettaglio, di confronto tra le quote dell'opera di presa a servizio dell'impianto in oggetto e dell'opera di derivazione dell'acquedotto pubblico nonché una relazione sulle potenziali interferenze tra le due opere di presa nelle varie condizioni di esercizio; questo al fine di garantire l'approvvigionamento idropotabile anche in condizioni di basse portate del fiume.

Risposta

Dalle tavole prodotte per questa integrazione, in particolare nella sez. 7-7 tav.03.2, si può evincere che la quota della griglia di approvvigionamento idrico di Publiacqua si trova a quota +40.90m slm. Essendo il pelo libero di progetto nel locale di presa a una quota compresa tra i +41.00m slm e +42.00m slm si garantisce sempre un livello idrico che supera di almeno 10cm la quota della griglia di approvvigionamento di Publiacqua.

SETTORE GENIO CIVILE VALDARNO SUPERIORE

Si riporta di seguito l'intestazione del documento con le richieste di integrazione del Genio Civile Valdarno Superiore limitatamente ai punti relativi ad aspetti di interesse strutturale.



REGIONE TOSCANA
Giunta Regionale

Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile
Settore Genio Civile Valdarno Superiore
Sede di Firenze

Direzione Tutela dell'Ambiente ed Energia
Settore Valutazione Impatto Ambientale
SEDE

Oggetto: Contributo istruttorio in procedimenti di competenza di altri Settori regionali:
verifica di assoggettabilità ex art. 19 D.Lgs. 152/2006 e art. 48 L.R. 10/2010.

Proponente: Silentech s.r.l.

Interventi: Derivazione uso idroelettrico dal Fiume Arno nel comune di Firenze (in variante all'originario progetto), loc. Pescaia di Santa Rosa.

Pratica VLA n° ID 2322

In relazione al procedimento in oggetto e alla Vs. richiesta prot. 510931 del 26/09/2024 si trasmette il presente contributo istruttorio per gli aspetti di competenza.

Richieste:

2) di specificare se sono previste soluzioni per assicurare la tenuta idraulica delle vecchie luci di aerazione presenti all'opera di presa;

3) di fornire ipotesi progettuale di massima delle fasi di cantiere relative alla costruzione dei volumi sotterranei destinati a ospitare la centrale, con le soluzioni atte ad assicurare la continuità arginale del muraglione e la sua stabilità anche nei confronti del rischio sifonamento in caso di piena straordinaria, se del caso prevedendo un arretramento di tali volumi e comunque il ricollegamento della struttura in c.a. che li contiene al paramento tergale del muraglione;

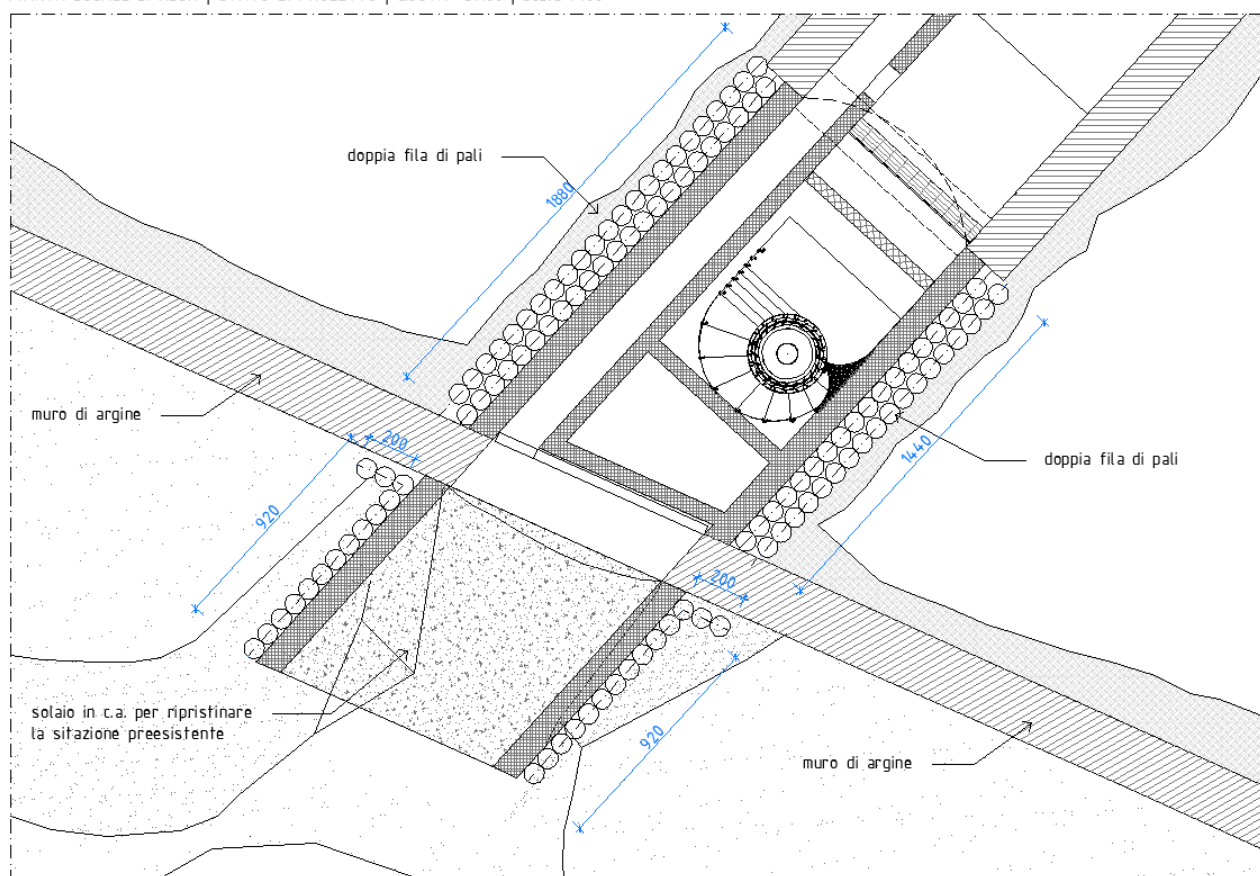
4) di specificare come venga gestito durante le fasi di costruzione della centrale l'eventuale scolmo di una piena fognaria;

Risposta al punto 2)

Le vecchie luci di aerazione all'opera di presa saranno rimosse con muratura portante in mattoni pieni e malta cementizia di classe M10 o superiore, dall'interno così da garantire la tenuta idraulica. La chiusura di queste bocche sarà effettuata dall'interno e solo parzialmente per mantenere all'esterno l'aspetto del prospetto attuale. Tale intervento è rappresentato nei vari stati (attuale, progetto e sovrapposto) nella Sez 1-1 delle tav.3.1, tav.3.2 e tav.3.3

Risposta al punto 3)

L'opera di resa è stata arretrata di circa 1,00m per interferire il meno possibile con il muraglione di argine. I nuovi setti in c.a. si attesteranno sul muro di argine e saranno collegati con spillature diffuse per tutta l'altezza del setto stesso. Le nuove opere fondali costituiranno una rilegatura al piede che andrà a mettere in collegamento le fondazioni del muro di argine alla destra e alla sinistra della bocca del Canale Curtatone. Per contrastare il rischio di sifonamento saranno utilizzati i pali disposti a quinconce per tutta la lunghezza dei nuovi setti in c.a. e per una porzione di circa 2,00m davanti ai muri di argine oltre a una fila che andrà a sostenere i setti che accoglieranno il nuovo solaio in alveo. La disposizione di questi elementi si può osservare nell'immagine riportata di seguito, dove sono rappresentate in pianta i tratti delle palificate sopra descritti.



Pianta con individuazione delle palificate

Come ulteriore misura cautelativa nei confronti di una piena straordinaria si prevede la realizzazione di un parapetto in cls armato provvisorio in corrispondenza dei nuovi setti dell'edificio di centrale. Tali elementi avranno la stessa altezza del parapetto sul muro di argine che è di circa 1,00m oltre il marciapiede. Con questa misura si intende cautelarsi, nel caso di piena straordinaria che riempia il canale Curtatone durante il periodo dei lavori, ottenendo un'altezza di argine al pari del parapetto anche in corrispondenza della zona del cantiere.

Risposta al punto 4)

Le eventuali piene fognarie saranno gestite con una tubazione atta a convogliare le acque oltre la tura provvisoria per il riversamento in fiume.

SETTORE ARPAT



ARPAT
Agenzia regionale per la protezione
ambientale della Toscana



DIREZIONE TECNICA – Settore VIA/VAS
Via del Ponte alle Mosse 211 – 50144 - Firenze

N. Prot. **Vedi segnatura informatica**

cl. **FI.01.37.16/27.5**

del 19/11/2024

a mezzo: PEC

All'att.ne

Arch. Carla Chiodini
Responsabile Settore VIA
REGIONE TOSCANA
PEC: regionetoscana@postacert.toscana.it

Oggetto: [ID 2322] Verifica di assoggettabilità a VIA - Impianto idroelettrico di potenza nominale media di concessione pari a 520 kW in corrispondenza della traversa della Pescaia di Santa Rosa sul Fiume Arno, Comune di Firenze. Proponente: Silextech S.r.l.. **Contributo istruttorio con richiesta di integrazioni.**

Riferimento

Richiesta della Regione Toscana, prot. n. 510931 del 26/9/2024 (prot. ARPAT n. 2024/75994).

fica P.140.010.

Richiesta:

Il proponente segnala la possibilità di perdite occasionali di idrocarburi o solidi sospesi. Anche in questo caso si richiede un maggior dettaglio, sito specifico, di quali attività saranno intraprese per prevenire la contaminazione accidentale dell'Arno. Si ritiene che debba essere individuata un'area esterna al cantiere sull'Arno, adeguatamente impermeabilizzata, dove effettuare tutte le operazioni di manutenzione o rifornimento.

Trattandosi di un cantiere sulle sponde del Fiume Arno, non si ritiene rinviabile la trattazione di questi elementi a successive fasi progettuali.

Risposta:

Per contrastare e superare le problematiche sopra riportate si prevede l'utilizzo di mezzi meccanici di recente costruzione, in buono stato di conservazione e con una manutenzione e verifica da effettuarsi nel periodo precedente l'ingresso in cantiere.

Viene individuata area di cantiere esterna alla sponda dell'Arno, su area asfaltata, sul Viale Abramo Lincoln prossima all'uscita della pista lungo l'alveo. Tale zona sarà dedicata alle operazioni di manutenzione e rifornimento mezzi. Si rimanda a gli elaborati grafici allegati per la migliore localizzazione di detta area.

Prima dell'ingresso in cantiere di ogni mezzo sarà verifico lo stato di conservazione e l'esecuzione di una corretta gestione delle manutezioni.

Tenuto conto di quanto sopra si reputa che gli sversamenti accidentali siano fortemente improbabili, ma in caso di necessità, come già indicato nella STUDIO AMBIENTALE PRELIMINARE le possibili azioni di intervento costino in:

·l'intervento immediato da parte di operatori formati, informati e addestrati all'utilizzo degli appositi kit antispandimento e di altri eventuali sistemi di bonifica al fine di provvedere al risanamento dell'area interessata all'evento;

· rimozione o disattivazione della sorgente: consiste nel recuperare il contenitore danneggiato e/o interrompere eventuali fuoriuscite da serbatoi di carburanti o da circuiti idraulici delle macchine operatrici presenti;

· recupero del prodotto ancora presente nel luogo dello sversamento;

· asportazione dell'eventuale terreno contaminatosi durante lo sversamento;

· verifiche analitiche del fondo scavo.

Una volta completata tale sequenza la criticità dovrebbe ritenersi risolta.

Richiesta:

Il proponente dichiara che per permettere un corretto getto del calcestruzzo per la realizzazione delle opere previste progettualmente ed evitare gli scarichi inquinanti ai sensi del D.Lgs. 152/2006, occorre evitare una dispersione non controllata delle acque di lavaggio delle betoniere.

Al fine di evitare scarichi inquinanti in cantiere, il proponente prevede di realizzare una vasca impermeabile di raccolta delle acque di lavaggio delle autobetoniere. Nella documentazione viene indicato che la vasca per il lavaggio e per il confinamento del calcestruzzo in esubero potrà essere realizzata in due modi diversi:

- in terra ed impermeabilizzata, per maggior sicurezza, con un doppio telo in polietilene;*
- mediante cassone di contenimento in lamiera.*

Si richiedono maggiori dettagli sul dove debba essere effettuata l'operazione di lavaggio delle autobetoniere; si ritiene fin da subito necessario evidenziare che si ritiene che tale attività non debba essere svolta nell'area di cantiere prospiciente il Fiume Arno.

RISPOSTA:

Come riportato nello STUDIO AMBIENTALE PRELIMINARE, considerato l'estrema vicinanza con più impianti di betonaggio si ritiene di poter effettuare le operazioni di lavaggio della canalina e della pompa direttamente allo stabilimento di carico, limitandosi ad effettuare una mera pulizia a secco in cantiere.

Sia la pulizia a secco della canalina che della pompa, oltre ad un eventuale lavaggio se necessario, non saranno effettuati nell'area di cantiere prospiciente il fiume Arno. Tali operazioni saranno eseguite nell'area di cantiere poste fuori dall'alveo, su suolo asfaltato e provviste di cassoni in lamiera per il contenimento di detriti secchi e di lavaggio. Per una più corretta e flessibile gestione del cantiere, si reputa necessario individuare due zone una nell'area di cantiere n 3 situata nel parcheggio con accesso da Via del Curtatone e Lungarno Amerigo Vespucci e una nell'area di cantiere n 5 situata in Viale Abramo Lincoln in prossimità dell'accesso alla pista demaniale. Si rimanda a gli elaborati grafici allegati per una migliore individuazione delle aree.