

Collettamento fognario a depurazione dell'abitato di Navacchio



PROGETTO DEFINITIVO

<p>090 TAVOLA/ELABORATO OR.R.01</p>	<p>Relazione di calcolo idraulico</p>	<p>SCALA A4</p> <p>DATA 05/02/2020</p>
--	--	--

Progetti e Lavori



Sede Firenze Via De Sanctis ,49 Cod.Fisc. e P.I.V.A. 06111950488

Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alle normative ISO9001 – ISO14001 – ISO45001 – SA8000

PROGETTISTA:
C.S.P.:
GEOLOGIA / GEOTECNICA:
IMPIANTI ELETTRICI:
ACQUISIZIONE AREE:

ING. OSCAR GALLI
ING. GLAUCO CECCONI
GEOL. NICOLA CEMPINI
ING. CARMINE MIULLI
GEOM. ANDREA PATRIARCHI

Dott. Ing. OSCAR GALLI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 1102 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE DELL'INFORMAZIONE

CONSULENTI TECNICI di Ingegnerie Toscane:
ING. ANDREA BERNARDINI acquisizione aree

COLLABORATORI:

COOPERATIVA CIVILE STP progettazione generale, elaborazioni grafiche/estimative
OMEGA ENGINEERING impianti elettrici e di controllo
DOTT.SSA GEOL. FRANCESCA FRANCHI geologia
DOTT. FABRIZIO BURCHIANI archeologia

COMMITTENTE: ING. ROBERTO CECCHINI

ACQUE SPA
VIA A. BELLATALLA,1
LOC. OSPEDALETTO
56121 PISA

DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE:
ING. PAOLO PIZZARI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
ING. ROBERTO CECCHINI

RESPONSABILE COMMESSA ACQUE SPA:
GEOM. CLAUDIO LASTRAIOLI

REV	DATA	DESCRIZIONE/MOTIVO DELLA REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO/APPROVATO
01	05/02/2020	PRIMA EMISSIONE	COOP CIVILE	GALLI

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	TUBAZIONI – VERIFICHE IDRAULICHE.....	4
2.1	Portate di progetto	4
2.2	Verifica delle sezioni – tratti a gravità.....	5
2.3	Verifica delle sezioni – tratti in pressione	8
2.4	Calcolo colpo d'ariete	8
2.4.1	Tubazione premente DE	9
3	CENTRALINE DI SOLEVAMENTO – VERIFICHE VOLUMETRICHE	10
3.1	Stazione di sollevamento S4.....	11
3.2	Apparecchiature elettromeccaniche centraline.....	12
4	ALLEGATI.....	13

**INGEGNERIE TOSCANE**

Ingegnerie Toscane Srl

Via Villamagna, 90/c - 50126 Firenze

N. iscrizione R.I., Cod. fisc. e P.iva 06111950488 - Cap. Soc. € 100.000 i.v.

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo tratterà del dimensionamento idraulico degli elementi fognari in progetto per l'intercettazione e il convogliamento a depurazione delle acque nere nella parte centro-occidentale del Comune di Cascina tra la linea ferroviaria Pisa – Firenze e l'uscita Navacchio della S.G.C. Firenze – Pisa – Livorno, in cui ricadono i centri abitati di Visignano e Navacchio.

Il comune di Cascina, con i suoi 45.000 abitanti, è uno dei comuni più popolosi della Conferenza Territoriale n.2 "Basso Valdarno"; ha un'estensione di circa 130 Km² ed occupa quasi completamente la piana tra il comune di Pisa ed il comune di Pontedera, confinando a nord con il monte Pisano (Monte Serra) e a sud con la piana che si affaccia sulla provincia di Livorno.

Il progetto di convogliamento a depurazione della rete fognaria della zona di Navacchio a sud della linea ferroviaria prevede in particolare la realizzazione di un nuovo tratto di fognatura nera a gravità, di una stazione di sollevamento fognario e di un tratto di fognatura in pressione, per l'eliminazione dello scarico ID00405; gli scarichi fognari ID00403 e ID00404, secondo quanto confermato dalla Committenza, sono già stati eliminati conseguentemente alla realizzazione delle condotte previste in un precedente progetto.

Il recapito finale dell'intervento in esame è il punto di immissione nella condotta a gravità esistente nell'area di nuova lottizzazione, collocato in corrispondenza della rotonda posta all'incrocio tra Via Arzachena e Via Caprera.

Ai nuovi tratti fognari verranno interposti degli scaricatori di piena opportunamente dimensionati al fine di raccogliere solamente acque reflue da trattare all'impianto.

L'intervento in esame prevede nel dettaglio:

L'intervento in esame prevede nel dettaglio la realizzazione di una stazione di sollevamento "S4" interrata, costituita da una doppia vasca di accumulo, un pozzetto ripartitore di arrivo liquami ed un pozzetto di alloggiamento degli organi di manovra necessari; essa verrà ubicata nei pressi del cimitero di Visignano laddove il Fosso della Mariana sbocca a cielo aperto, in una posizione tale da rendere il più possibile agevole la sua posa in opera ed il successivo accesso tramite la viabilità esistente. Nella stessa stazione confluiranno i liquami provenienti dal Fosso della Mariana tramite una canaletta di stramazzo, i quali verranno spinti e recapitati

Si prevede complessivamente uno sviluppo della condotta a gravità per una lunghezza di circa 50m oltre a 860m di condotta in pressione.



Figura 1 **Percorso dei collettori fognari in progetto**

2 TUBAZIONI – VERIFICHE IDRAULICHE

2.1 Portate di progetto

Le portate in ingresso utilizzate in fase di progettazione preliminare sono quelle riportate nella seguente tabella.

Codice identificativo scarico	Portata stimata in fase preliminare 3Qn [l/s]
ID00405	74.10

Tabella 1: portate utilizzate in fase di progettazione preliminare

I dati estrapolati dal modello PUMAN (Novembre 2019) riportano invece i seguenti valori.

Codice identificativo scarico	Portata media nera in tempo asciutto Qn [mc/anno]	Portata media nera in tempo asciutto Qn [l/s]	3Qn [l/s]
ID00405	346612	10.99	55.00

Tabella 2: dati estrapolati dal modello PUMAN

La differenza tra i due set di dati discende dal fatto che il modello PUMAN non tiene conto delle utenze con solo servizio di acquedotto; per non rischiare di sovradimensionare il sollevamento delle portate si ritiene corretto, in accordo con la committenza, prendere quali portate di progetto delle stazioni di sollevamento quelle derivanti dal modello PUMAN (3Qn), mentre per il dimensionamento dei collettori fognari saranno impiegate, sempre in accordo con la committenza, le portate 5Qn amplificate di un fattore pari a 1,50 al fine di sopperire ad eventuali incertezze del modello.

Di conseguenza le portate di progetto definitive sono quelle riportate nella seguente tabella.

Codice identificativo scarico	Portata stimata in fase definitiva (collettori) [l/s]	Portata stimata in fase definitiva (sollevamento) [l/s]
ID00394	82.43	65.95

Tabella 3: confronto tra le portate degli scarichi in fase preliminare e definitiva

2.2 Verifica delle sezioni – tratti a gravità

Una sezione di forma chiusa, funzionando col massimo grado di riempimento (cioè a sezione piena), ama non in pressione, presenta i seguenti valori di velocità V_p e di portata Q_p :

$$V_p = K_s \cdot \bar{R}^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_p = \Omega \cdot K_s \cdot \bar{R}^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

Essendo \bar{R} e Ω i valori del raggio idraulico e dell'area corrispondenti alla sezione piena, K_s il coefficiente della formula di Gauckler-Strickler e i la pendenza motrice, coincidente, a moto uniforme, con la pendenza di fondo e con la pendenza piezometrica.

Detti r e ω rispettivamente il raggio idraulico e l'area liquida corrispondente a un generico grado di riempimento, V e Q i corrispondenti valori della velocità e della portata, si ha:

$$V = K_s \cdot r^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = K_s \cdot \omega \cdot r^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

Dalle precedenti equazioni si ricava:

$$\frac{V}{V_p} = \frac{r^{\frac{2}{3}}}{\bar{R}^{\frac{2}{3}}}$$

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{\omega \cdot r^{\frac{2}{3}}}{\Omega \cdot \bar{R}^{\frac{2}{3}}} \quad (1)$$

Una sezione chiusa di forma assegnata risulta univocamente determinata quando è nota una sua dimensione: per esempio, tutte le grandezze di una sezione circolare (area, contorno bagnato, raggio idraulico) risultano definite una volta noto il diametro. Quindi, noti la pendenza i e il coefficiente K_s , i valori di V_p e di Q_p , per una sezione di forma assegnata, dipendono solo dal valore della dimensione che individuala sezione stessa. È conveniente fare riferimento ai valori $\frac{V_p}{\sqrt{i}}$ e $\frac{Q_p}{\sqrt{i}}$, detti rispettivamente velocità specifica e portata specifica, che rappresentano la velocità e la portata che si avrebbero a sezione piena, qualora la pendenza assumesse valore pari a 1; ovviamente anche tali valori, per un dato valore di K_s e per una sezione di assegnata forma, dipendono solo dal valore della grandezza assunta per individuare la sezione.

Per dimensionare un collettore fognario occorre innanzi tutto stabilire la forma della sezione; si suppone, inoltre, che il moto sia uniforme. Se il collettore ha una pendenza di fondo i e deve far defluire la portata Q , si calcola il valore della portata specifica $\frac{Q}{\sqrt{i}}$; quindi, escludendo il

funzionamento a pressione, una volta scelta la forma della sezione, occorre adoperare un collettore di dimensioni tali da avere un valore di $\frac{Q_p}{\sqrt{l}} > \frac{Q}{\sqrt{l}}$.

Poiché i collettori adoperati hanno, a sezione piena, una capacità di deflusso superiore a quella necessaria, la portata Q verrà smaltita con un riempimento parziale del collettore stesso e quindi anche con una velocità V diversa da quella V_p che si avrebbe a sezione piena.

L'altezza di riempimento di un collettore avente una sezione di assegnate dimensioni è facilmente determinabile mediante la (1). Infatti, essendo noti i valori della portata specifica

$\frac{Q}{\sqrt{l}}$ da smaltire e quella $\frac{Q_p}{\sqrt{l}}$ che il collettore è in grado di far defluire a sezione piena, si può

determinare il rapporto $\frac{Q}{Q_p}$ che dalla (1) è uguale a $\frac{\omega r^{\frac{2}{3}}}{\Omega R^{\frac{2}{3}}}$, grandezza che dipende esclusivamente

dal rapporto h/H tra l'altezza liquida h e l'altezza totale H della sezione.

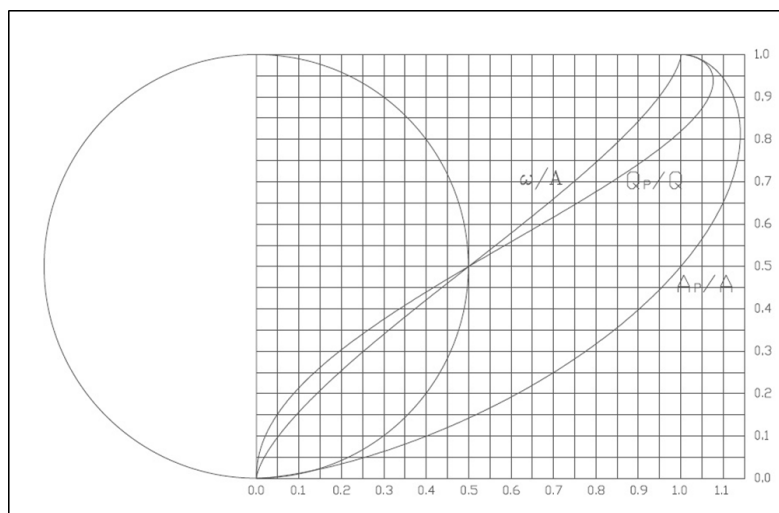


Figura 2: andamenti delle grandezze Q/Q_p , V/V_p e ω/Ω in funzione dell'altezza percentuale di riempimento per la sezione circolare

Si utilizzano tubazioni in PVC SN8 con coefficiente di Gauckler-Strickler K_s pari a $130 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

TUBAZIONI PVC SN8		
Ø Interno (mm)	Qp/Vi (mm)	Ø Esterno (mm)
103.6	0.096	110
117.6	0.135	125
150.6	0.260	160
188.2	0.471	200
235.4	0.856	250
296.6	1.585	315
376.6	2.997	400
470.8	5.435	500
593.2	10.066	630

Tabella 4: valori dei diametri interni ed esterni con relativa portata specifica a sezione piena delle tubazioni in PVC SN8

Vista la normativa vigente che impone un diametro minimo di 200 mm, i tratti risultano ampiamente dimensionati con questo diametro minimo, anzi, si dovranno prevedere delle periodiche manutenzioni al fine di evitare possibili sedimentazioni delle particelle più grandi in quanto le ridotte portate non consentono di sviluppare velocità elevate.

Le dimensioni delle condotte a gravità sono dedotte in funzione delle portate di progetto ricavati dai dati di popolazione, nell'ora e nel giorno di massimo consumo.

I tratti di condotte che devono essere realizzati sono:

- **TRATTO C-D** tubazione a gravità **Ø400 PVC** per nuovo tratto di rete di fognatura nera per un tratto di circa ml. 45 di collegamento alla nuova stazione di sollevamento S2 dopo l'attraversamento di via di Chiasso. La portata afferente a tale tratto è quella derivante dall'intercettazione dell'ID00405

L'applicazione del modello alla situazione di progetto ha evidenziato quella che è la reale capacità di smaltimento del collettore fognario. I parametri fondamentali calcolati sono a questo punto la velocità all'interno della tubazione, l'altezza di deflusso e di conseguenza il grado di riempimento della condotta. Di seguito viene riportato il resoconto dei dati prendendo in considerazione la portata massima di progetto e la pendenza minima del tratto considerato, in modo da verificare la condizione di massimo riempimento della tubazione:

Per rendere completa la verifica, deve tuttavia essere calcolata anche la velocità massima di deflusso (che dovrà essere inferiore a 5 m/s) in corrispondenza dei tratti più pendenti nel caso di portata di punta e la velocità minima (solitamente non inferiore a 0,5 m/s) calcolata in caso di portata media di progetto.

Collettore	L (m)	i	Q (mc/s)	Q/√i (mc/s)	Di (mm)	Q/Qp	hr/D	hr (mm)	ω/A	ω (mmq)	V (m/s)
C-D	44.7	0.003	0.08243	2.30532	376.6	0.653	0.58	218.43	0.60	0.07	1.23

Tabella 5: risultati del dimensionamento

2.3 Verifica delle sezioni – tratti in pressione

Le dimensioni delle condotte in pressione sono dedotte in funzione delle portate di progetto ricavati dai dati di popolazione, nell'ora e nel giorno di massimo consumo.

I tratti di condotte che devono essere realizzati sono:

- Tratto DE - tubazione premente Ø320 PEAD che parte nei pressi del cimitero di Visignano laddove il Fosso della Mariana sbocca a cielo aperto e corre lungo la strada comunale di Chiasso per un tratto di lunghezza pari a ml. 430 e lungo la strada vicinale di Corno Sbracate per un tratto di ml. 480 lungo la Strada Provinciale Cucigliana – Lorenzana per complessivi ml. 910.

Per il calcolo delle perdite di carico nelle condotte viene utilizzata la formula di Darcy.

$$J = \lambda \cdot \frac{U^2}{2gD}$$

J = Perdita di carico per unità di lunghezza;

λ = Coefficiente dimensionale d'attrito

Il valore di λ viene determinato mediante la formula di Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3.71} \right)$$

Re = Numero di Reynolds

ε = parametro di scabrezza (per il Pead ε = 0.02, per la ghisa ε = 0.15)

2.4 Calcolo colpo d'ariete

La sovrappressione Δh, misurata in metri di colonna d'acqua che si genera in una condotta per effetto del colpo d'ariete, conseguente all'interruzione del flusso per azionamento di saracinesche o valvole di ritegno, è data dalla formula dell'Allievi:

$$\Delta h = \frac{c}{g} \times V_0$$

nella quale


INGEGNERIE TOSCANE

Ingegnerie Toscane Srl

Via Villamagna, 90/c - 50126 Firenze

N. iscrizione R.I., Cod. fisc. e P.iva 06111950488 - Cap. Soc. € 100.000 i.v.

$$c = \frac{C}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \times \frac{D}{S}}}$$

dove

c = celerità di propagazione della perturbazione in m/sec

g = accelerazione di gravità = 9.81 m/s

V₀ = velocità dell'acqua a regime in m/s

C = velocità del suono nell'acqua a 15° C = 1.420 m/s

ε = modulo di elasticità di volume dell'acqua = 2.2 x 10⁸ Kg F / m²

E = modulo di elasticità del materiale costituente il tubo in Kg F / m²

D = diametro del tubo in m.

S = spessore del tubo in m

Nelle tabelle successive vengono sintetizzate le caratteristiche geometriche ed i risultati delle verifiche idrauliche relative ai tratti di fognatura in pressione previsti in tale progetto:

Tabella dati geometrici				
	Tratto	Lunghezza	φ	Q _{TOT}
		(m)	(m)	(l/s)
1	DE	910	315 x 18.7mm	65.95

2.4.1 Tubazione premente DE

I valori di portata di progetto che si prendono in considerazione sono i seguenti:

1. Portata complessiva proveniente Navacchio: 65.95 l/sec.

Si procede con il dimensionare la pompa e la tubazione con una portata Q maggiore di quella di afflusso tenendo in conto un coefficiente di afflusso di punta pari a 1.5.

Q = 98.92 l/sec

$$V = 1.63 \text{ m/sec}$$

Si prevede di utilizzare una tubazione in PEAD del diametro nominale di 315 mm conforme alle norme UNI ISO 2531 e UNI EN 598; il diametro interno di tale tubazione è pari a 277.6 mm.

Per il calcolo della pressione massima in condotta e quindi la verifica del colpo d'ariete sono state calcolate le predite di carico localizzate e distribuite. I valori dei calcoli vengono riportati nella tabella seguente.

$\Delta h =$	44.00 m	Sovrapressione per colpo d'ariete
$c =$	262	m/sec Celerità
$C =$	1,4E+03	m/sec Vel. suono in acqua a 15°C
$\epsilon =$	2,2E+09	N/m ² Modulo elasticità volume dell'acqua
$E =$	1,2E+09	N/m ² Modulo elasticità materiale tubo
$D =$	0.277 m	Diametro interno tubo
$s =$	0.018 m	Spessore tubo
$Q =$	98.92 l/s	Portata
$k_s =$	120 --	Coeff. scabrezza H-W
$v =$	1.63 m/sec	Velocità media del fluido nella tubazione
$J =$	13.71 m/km	Cadente piezometrica
$L =$	910 m	Lunghezza tubo
$Y =$	12.48 m	Perdite di carico distribuite
$\Delta h_{geo} =$	2,50 m	Dislivello geodetico
$\Delta H =$	1.32 m	Perdite localizzate
$\Delta h_{tot} =$	60.3 m	Prevalenza necessaria=pressione idrostatica

Il massimo valore di pressione idrostatica calcolata per la condotta premente è di 60.3 m.c.l.; pertanto in considerazione del valore massimo della sovrappressione per fenomeni di colpo d'ariete, risulta una pressione massima nelle condotte di 60.3 m.c.l., inferiore al valore della PMA delle tubazioni previste.

3 CENTRALINE DI SOLEVAMENTO – VERIFICHE VOLUMETRICHE

Le dimensioni delle vasche di accumulo devono essere tali che, al di là delle esigenze connesse con il profilo del terreno e della livelletta di progetto, tenga conto sia dei tempi di

permanenza dei liquami nella centralina, che devono essere ridotti al minimo, sia del corretto funzionamento delle pompe.

Infatti le apparecchiature elettromeccaniche delle pompe sono sottoposte a surriscaldamento durante la fase di avvio e necessitano quindi di un intervallo, tra due avviamenti successivi, tale che il calore prodotto venga dissipato nell'ambiente in cui le pompe sono immerse.

Il valore di tale tempo, ciclo della pompa, somma dell'intervallo di funzionamento e di riposo, non dovrà essere inferiore di un valore limite prefissato, dipendente dalle caratteristiche della pompa.

Il valore minimo di un ciclo tende ad aumentare all'aumentare della potenza della pompa.

Il numero di avviamenti per ora, che corrisponde ai requisiti sopraccennati, che si assume per il calcolo del volume è compreso tra dieci e dodici.

Nel caso di pompe di medesime caratteristiche il volume utile totale della vasca di arrivo è fornito dalla seguente relazione:

$$V = Q1 \times T1 / 4 \times (\text{Somm. } Vi)$$

V: Volume di invaso

Q1: Portata di pompaggio

T1: Ciclo della pompa (intervallo fra due attacchi successivi)

3.1 Stazione di sollevamento S4

Portata in arrivo alla stazione di sollevamento: 65.95 l/s

Si prevede di installare n°2 pompa e n°2 pompa di riserva. Si considera una portata sollevata di 32.97 l/sec con 1 pompa, con un numero di avviamenti ora pari a 4.

La pompa si avvia e si arresta al livello minimo prefissato della vasca.

$$V = Q \times T_{\text{ciclo}}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 3600/4 = 900 \text{ sec}$$

$$VOL \text{ minimo richiesto} = 32.97 \text{ l/sec} \times 900/4 = 7.41 \text{ mc}$$

Le caratteristiche geometriche della centralina sono (dimensioni interne):

- larghezza: 2,16 m
- lunghezza: 1.98 m
- altezza: 4.78 m
- profondità arrivo fognatura: 0.82 m
- Altezza utile disponibile: 1.36 m (+0.50 m di franco per adescamento Pompe con raffreddamento a campana)

- Vol utile: 7.90 mc

3.2 Apparecchiature elettromeccaniche centraline

Nella stazione di sollevamento verranno installate elettropompe sommergibili con funzionamento automatico in alternato e/o contemporaneo.

L'individuazione delle macchine è stata effettuata sulla base della prevalenza geodetica e delle perdite di carico riscontrate.

Le apparecchiature elettromeccaniche installate saranno corredate, oltre che da catene e tubi guida, da valvole di ritegno, saracinesche di intercettazione, tubazioni di mandata, sistema automatico di avviamento e spegnimenti mediante galleggianti, quadro elettrico locale di controllo.

Sarà altresì predisposto sistema di telecontrollo, compatibile a quello attualmente in uso presso l'ente gestore.

Per le specifiche tecniche delle apparecchiature elettromeccaniche si rimanda al fascicolo *"Disciplinare apparecchiature elettromeccaniche"* facente parte del progetto.

Per il dimensionamento delle elettropompe, determinate le portate che ciascuna stazione dovrà sollevare, occorre fare riferimento alla prevalenza manometrica in m di colonna d'acqua che si rende necessaria per superare il dislivello geodetico e le perdite di carico, localizzate e distribuite come precedentemente calcolate, oltre ad un carico residuo di circa 1,00 m di colonna d'acqua.

Le caratteristiche delle elettropompe sono calcolate con la formula con la quale si ottiene la potenza teorica del motore in kw:

$$N = 0,0098 \times Q \times H_{tot} / \eta$$

conoscendo il rendimento complessivo (idraulico, meccanico e volumetrico) $\eta = 0,575$.

Le caratteristiche delle pompe necessarie al funzionamento delle due stazioni di sollevamento S1 e S2 sono riportate nelle schede tecniche allegate alla presente relazione. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa del modello di pompa selezionato per ciascuna delle stazioni di sollevamento.

Identificativo collettore	Modello pompa
S4	NP 3171 MT 3~ 434

**INGEGNERIE TOSCANE**

Ingegnerie Toscane Srl

Via Villamagna, 90/c - 50126 Firenze

N. iscrizione R.I., Cod. fisc. e P.iva 06111950488 - Cap. Soc. € 100.000 i.v.

4 ALLEGATI