



COMUNE DI EMPOLI

Provincia di Firenze

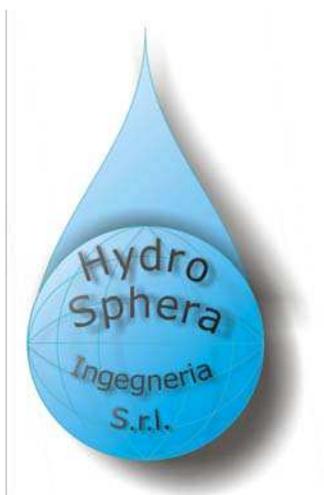
**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AD INIZIATIVA PRIVATA IN
EMPOLI, LOC. POZZALE, SCHEDE NORMA 7.4**

**PROGETTO DEL SISTEMA PRINCIPALE
DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE
E DELLE ACQUE NERE**

Ubicazione:

Via Carlo Cattaneo, Loc. Pozzale
Comune di Empoli (FI)

Progettazione:



H.S. INGEGNERIA s.r.l.

Sede Legale ed Operativa:
Via Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI)
Tel. Fax 0571-725283
e.mail: hsingegneria@tin.it
P.IVA e C.F.: 01952520466

Ing. Paolo Pucci

Ordine degli ingegneri della
Provincia di Firenze n.4624

ELABORATO

REL

Relazione tecnica

Scala:

File:

Data:

Ottobre 2014

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

Indice generale

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE.....	3
3. PROGETTO DELLA FOGNATURA BIANCA.....	4
3.1. <i>Descrizione generale.....</i>	4
3.2. <i>Modellazione idrologica per il calcolo della massima portata attesa con tempo di ritorno 25 anni.....</i>	4
3.2.1. Inquadramento generale e delimitazione del bacino idrografico.....	4
3.2.2. Curve di possibilità pluviometrica.....	5
3.2.3. Ietogrammi di pioggia.....	5
3.2.4. Caratteristiche geometriche ed idrologiche dei sottobacini idrografici.....	5
3.2.4.1. <i>Caratteristiche geometriche e morfologiche.....</i>	5
3.2.4.2. <i>Caratteristiche idrologiche.....</i>	6
3.2.5. Modelli di trasformazione afflussi-deflussi.....	8
3.2.5.1. <i>Modello di trasformazione afflussi-afflussi netti: il metodo CN del SCS.....</i>	8
3.2.5.2. <i>Modello di trasformazione afflussi netti-deflussi: il metodo dell'idrogramma unitario di Clark.....</i>	9
3.2.6. Idrogrammi di piena e portate massime.....	10
3.3. <i>Modellazione idraulica.....</i>	14
3.3.1. Verifica dello stato attuale.....	14
3.3.1.1. <i>Quote del fondo e dimensioni delle sezioni.....</i>	14
3.3.1.2. <i>Coefficienti di scabrezza.....</i>	14
3.3.1.3. <i>Condizione al contorno di valle.....</i>	14
3.3.1.4. <i>Portate di verifica.....</i>	14
3.3.1.5. <i>Risultati della verifica idraulica dello stato attuale.....</i>	14
3.3.2. Dimensionamento idraulico dello stato di progetto.....	15
3.3.2.1. <i>Risultati della modellazione idraulica dello stato di progetto.....</i>	16
3.4. <i>Conclusioni.....</i>	17
4. PROGETTO DELLA FOGNATURA NERA.....	18
4.1. <i>Descrizione dello stato di progetto.....</i>	18
4.2. <i>Caratteristiche principali fognatura nera.....</i>	18
4.3. <i>Previsione della popolazione servita dalla rete in progetto.....</i>	18
4.4. <i>Valutazione e localizzazione di eventuali scarichi idrici provenienti da particolari complessi.....</i>	18
4.5. <i>Dimensionamento idraulico delle fognature NERE.....</i>	19
4.5.1. <i>Calcolo delle portate nere medie e di punta.....</i>	19
4.5.2. <i>Calcolo idraulico delle condotte.....</i>	19

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	1/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica è redatta dal sottoscritto Ing. Paolo Pucci, socio di H.S. INGEGNERIA srl, per la progettazione del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere a supporto del Piano Urbanistico Attuativo (PUA) 7.4 nel Comune di Empoli, in loc. Pozzale.

Tale progetto costituisce risposta alle osservazioni formulate in sede di Conferenza di Servizi del 30/10/2009 effettuate da ARPAT e Comune di Empoli Settore Lavori Pubblici e Manutenzione, per quanto di pertinenza.

Le osservazioni summenzionate sono riassumibili nei seguenti punti:

- dovrebbe essere verificata con l'ente gestore la capacità residua della fognatura alla quale si allaccerà il PUA;
- le acque meteoriche non dovranno essere collettate alla pubblica fognatura mista, come indicato nel documento per la valutazione integrata, ma inviate al Torrente Orme, corpo naturale di sgrondo delle acque bianche.

La seconda osservazione, dato che nel tratto in esame il Torrente Orme ha il fondo più alto del reticolo minore delle acque bianche nella zona oggetto di PUA, non può essere integralmente soddisfatta, e quindi si prevede l'allontanamento delle acque meteoriche nel reticolo scolante superficiale esistente, che scorre lungo la S.P. della Val d'Orme e poi verso la frazione di Ponzano dopo aver sottopassato la suddetta infrastruttura. Viene quindi proposta una totale separazione delle acque nere e delle acque bianche; le prime verranno addotte alla fognatura esistente su Via Cattaneo e costituiranno un carico del tutto trascurabile data l'entità della trasformazione in questione; le seconde verranno raccolte separatamente e convogliate al reticolo minore delle acque bianche.

Lo stato attuale del reticolo minore scolante delle acque bianche è stato reperito presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Empoli; le ulteriori informazioni necessarie per la progettazione di dettaglio sono state integrate mediante un rilievo topografico eseguito dal Geom. Rutili.

Le dimensioni e le quote di scorrimento delle acque nere lungo Via Cattaneo sono state anch'esse rilevate sempre a cura del Geom. Rutili.

Il dimensionamento del sistema scolante delle acque bianche è stato eseguito con riferimento ad eventi pluviometrici con tempo di ritorno 25 anni.

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	2/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

2. DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE

Allo stato attuale la rete scolante delle acque meteoriche del lotto oggetto di PUA e della zona a monte è composta da una canaletta principale che riceve le acque da una serie di scoline minori, e convoglia le stesse in un canale a cielo aperto (sezione 1 della tavola 1) a quota 31.57 m s.l.m., in corrispondenza dell'incrocio tra Via Montanelli e Via Cattaneo. Da questa sezione le acque, percorrendo un tratto di circa 260 m prima verso Est e poi verso Nord confluiscono in un pozzetto in corrispondenza dell'attraversamento con via di Sottopoggio di San Donato (sezione 13 della tavola 1) con quota di scorrimento 31.111 m s.l.m. Da tale pozzetto le acque vengono dirette ancora a Nord-Ovest lungo il tracciato della Strada Provinciale n° 51 di Val d'Orme per un tratto di di circa 190 m attraverso una condotta in calcestruzzo di diametro 800 mm, per poi tornare a cielo aperto in corrispondenza della sezione 14 del rilievo (vedi tavola 1). Dopo questo tratto di circa 50 m sempre seguendo il tracciato stradale della Strada provinciale l'acqua viene intubata (Sezione 15 della tavola 1) per poi proseguire verso la rete superficiale dei fossi minori.

Nel tratto a Est della Strada provinciale n° 51 fino al fiume Orme le acque meteoriche vengono raccolte tramite un sistema di scoline minori ed immesse in testa al primo tratto tombato della fognatura principale all'incrocio tra Via di Sottopoggio e la Strada Provinciale n° 51 (sezione 13 della tavola 1).

Nella parte a Nord di Via di Sottopoggio invece le acque defluiscono per scorrimento diffuso sul piano campagna fino a raggiungere la fossa campestre presente a lato della strada provinciale n° 51 di Val d'Orme per confluire nella rete principale al termine del tratto intubato (sezione 14 della tavola 1).

Le acque nere sono invece raccolte dalla fognatura mista lungo Via Cattaneo, che raggiunta Via di Sottopoggio piega verso Ovest per poi passare sotto al Circolo Arci e dirigersi verso l'abitato di Empoli. La fognatura è costituita da una tubazione circolare Ø400mm di diametro.

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	3/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

3. PROGETTO DELLA FOGNATURA BIANCA

3.1. Descrizione generale

Allo stato di progetto si è pensato nel lotto oggetto di PUA di mantenere in un primo tratto un sistema di scoline a sezione trapezia che confluiscono in un pozzetto a quota 31.86 m slm, (Pozzetto n° P02 della Tavola n° 2) per poi essere intubate attraverso una condotta a sezione rettangolare di 1000x800mm che termina in corrispondenza della sezione 13, ovvero all'inizio del tratto intubato localizzato all'incrocio tra la strada provinciale n.51 e via di Sottopoggio per San Donato. Nel tratto a valle di tale sezione si mantengono invariate le caratteristiche della fognatura bianca.

Le acque meteoriche raccolte all'interno del nuovo lotto vengono convogliate attraverso due tubazioni a sezione circolare in calcestruzzo di diametro 40cm e immesse nella rete principale in corrispondenza dei pozzetti numero P07 e P09 (vedi Tavola n°2).

La fognatura principale di 1000x800mm è stata dimensionata in modo tale che sia garantito lo smaltimento in condizioni di sicurezza della massima portata in occasione di eventi con tempo di ritorno 25 anni dell'intero bacino idrografico scolante a monte del PUA (individuato da Via Val d'Orme, dalla S.P. n.51 e dal Torrente Orme), oltre alle acque provenienti dal PUA stesso.

Particolare attenzione è stata posta nelle interferenze con i lotti contermini, in modo tale da non creare alcuna problematica al deflusso delle acque meteoriche provenienti dai lotti vicini; pertanto, la zona a verde a Sud del PUA è stata cinturata con apposite scoline che convogliano le acque alla tubazione 1000x800mm, garantendo la possibilità di scarico in totale sicurezza delle acque bianche.

3.2. Modellazione idrologica per il calcolo della massima portata attesa con tempo di ritorno 25 anni

I calcoli idrologici per la determinazione delle massime portate attese nel sistema di smaltimento delle acque bianche a fronte di eventi con tempo di ritorno 25 anni sono stati eseguiti mediante l'ausilio del software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano.

I passi eseguiti per la modellazione sono i seguenti:

- delimitazione del bacino e dei sottobacini idrografici
- determinazione delle curve di possibilità pluviometrica
- scelta degli ietogrammi di pioggia
- individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrologiche dei sottobacini
- implementazione del modello idrologico
- simulazioni idrologiche per eventi venticinquennali

L'analisi è stata svolta parallelamente per lo stato attuale e di progetto, al fine di determinare le massime portate che interessano i vari tratti di fognatura nelle due condizioni.

3.2.1. Inquadramento generale e delimitazione del bacino idrografico

Il fosso oggetto di studio è situato nel comune di Empoli in località Pozzale ed è

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	4/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

delimitato ad ovest da Via di Val d'Orme e a est dal torrente Orme si esclude dall'analisi la zona abitata di Pozzale che conferisce le acque meteoriche su un altro bacino. Il bacino idrografico studiato è situato nel territorio comunale di Empoli (FI). Sulla base del rilievo effettuato nel Marzo 2010 dal Geom. Rutili si sono ricavate le dimensioni dei sottobacini e le sezioni.

Gran parte della superficie del bacino analizzata è a carattere agricolo, dotata di un reticolo idrografico costituito da una serie di scoline di vario ordine, che convogliano le acque meteoriche nel Fosso lungo il suo percorso.

Il bacino idrografico complessivo studiato ha una superficie di circa 0.182 Km²; il bacino è stato suddiviso in tre sottobacini idrografici (denominati S-01, S-02 e S-03), in quanto, immediatamente a monte e a valle del tratto tombato sono presenti due immissioni di portata relative a circa 1.53 ha per il tratto a valle e 5.19 ha per il tratto a monte.

Dal punto di vista geologico la zona è caratterizzata da terreni aventi una tessitura franco argillosa-argillosa.

3.2.2. Curve di possibilità pluviometrica

Per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica nell'area si è fatto riferimento alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica indicate nella pubblicazione "Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica – Analisi delle precipitazioni intense per delle stazioni del compartimento di Pisa", prodotta dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa in collaborazione con PIN – Centro Studi Ingegneria e Regione Toscana, ottenuta con l'analisi TCEV per il pluviometro di Empoli, espressa dalla seguente relazione:

$$h_{(T_R, t)} = a_0 \cdot T_R^m \cdot t^n$$

dove $h_{(T_R, t)}$ è l'altezza di pioggia attesa in mm, fissato il tempo di ritorno T_R in anni e la durata della precipitazione t , espressa in ore. Le curve di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno 25 anni assumono le seguenti espressioni:

$$h = 52.158 \cdot t^{0.380} \quad t < 1 \text{ h}$$

$$h = 48.282 \cdot t^{0.258} \quad t > 1 \text{ h}$$

3.2.3. Ietogrammi di pioggia

La curva di possibilità pluviometrica non descrive la variazione temporale dell'altezza di pioggia all'interno di un intervallo di assegnata durata t , fornendo solo l'intensità media di precipitazione. Nel caso in esame, considerate le ridottissime dimensioni del bacino idrografico, sono stati impiegati ietogrammi di pioggia ad intensità costante.

3.2.4. Caratteristiche geometriche ed idrologiche dei sottobacini idrografici

3.2.4.1. Caratteristiche geometriche e morfologiche

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geomorfologiche dei sottobacini idrografici esaminati desunte sulla base della cartografia tecnica regionale in scala 1:2000, analizzata mediante il software GIS SAGA prodotto dall'Università di Goettingen mediante l'elaborazione di un modello digitale del terreno (DTM):

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	5/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

Sottobacino	A	P	L	L_{max}	H_{max}	H_0	H_m	i
	Km ²	Km	Km	Km	m slm	m slm	m	m/m
S-01	0.1145	2.017	0.333	1.034	37.0	33.0	34.0	0.0015
S-02	0.0519	1.372	0.675	0.675	36.5	33.4	35.0	0.0046
S-03	0.0152	0.52	0.237	0.237	33.9	32.4	33.2	0.0029

Tabella 1: caratteristiche geomorfologiche dei sottobacini idrografici

I parametri riportati in tabella sono i seguenti:

A = superficie del bacino

P = perimetro del bacino

L = lunghezza asta principale

L_{max} = lunghezza massimo percorso idraulico

H_{max} = quota massima del bacino

H_0 = quota alla sezione di chiusura

H_m = quota media del bacino sulla sezione di chiusura

i = pendenza media asta principale

3.2.4.2. Caratteristiche idrologiche

Parametri CN per il calcolo delle perdite di bacino

Per la definizione delle perdite di bacino si è provveduto al calcolo del coefficiente CN del metodo proposto dal Soil Conservation Service americano (SCS), sulla base delle caratteristiche pedologiche riportate nel "Catalogo delle unità cartografiche della carta dei suoli della Regione Toscana in scala 1:250000" e dell'uso del suolo derivante dal progetto CORINE LAND COVER.

Mediante il software GIS SAGA si è proceduto alla realizzazione di due griglie con celle 50x50 m relative alla pedologia e all'uso del suolo. Intersecando le informazioni in termini di permeabilità e di uso del suolo sono stati assegnati in via automatica i coefficienti CN a ciascuna cella della griglia risultante. Effettuando la media pesata dei valori CN delle celle all'interno del bacino idrografico è stato calcolato il CN medio.

La classe di permeabilità secondo il metodo SCS (classe A alta permeabilità – classe D bassissima permeabilità) è stata assegnata sulla base della pedologia con riferimento alle unità cartografiche presenti:

- per tessitura franco argillosa e argillosa – tipo di suolo classe C-D

I coefficienti CN in base all'uso del suolo e alla classe di suolo sono stati assegnati secondo i valori riportati nella tabella seguente:

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	6/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

CORINE LAND COVER 2000				VALORI DEL CN, IN FUNZIONE DEL TIPO DI SUOLO							
N. CODICE	LIVELLO 1	LIVELLO 2	LIVELLO 3	CN A	CN A-B	CN B	CN B-C	CN C	CN C-D	CN D	
1 111	Territori modellati artificialmente	Zone urbanizzate	Tessuto urbano continuo	77	81	85	87.5	90	91	92	
2 112	Territori modellati artificialmente	Zone urbanizzate	Tessuto urbano discontinuo	61	68	75	79	83	85	87	
3 121	Territori modellati artificialmente	Zone commerciali, industriali e reti di comunicazione	Aree industriali o commerciali	85	87.5	90	91	92	93	94	
4 122	Territori modellati artificialmente	Zone commerciali, industriali e reti di comunicazione	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	83	86	89	90.5	92	92.5	93	
5 123	Territori modellati artificialmente	Zone commerciali, industriali e reti di comunicazione	Aree portuali	95	95	95	95	95	95	95	
6 124	Territori modellati artificialmente	Zone commerciali, industriali e reti di comunicazione	Aeroporti	81	84.5	88	89.5	91	92	93	
7 131	Territori modellati artificialmente	Zone estrattive, discariche e cantieri	Aree estrattive	77	81.5	86	88.5	91	92.5	94	
8 132	Territori modellati artificialmente	Zone estrattive, discariche e cantieri	Discariche	81	84.5	88	89.5	91	92	93	
9 133	Territori modellati artificialmente	Zone estrattive, discariche e cantieri	Cantieri	77	81.5	86	88.5	91	92.5	94	
10 141	Territori modellati artificialmente	Zone verdi artificiali non agricole	Aree verdi urbane	39	50	61	62.5	64	72	80	
11 142	Territori modellati artificialmente	Zone verdi artificiali non agricole	Aree sportive e ricreative	49	59	69	72.5	76	80	84	
12 211	Territori agricoli	Seminativi	Seminativi in aree non irrigue	58	65	72	76.5	81	83	85	
13 213	Territori agricoli	Seminativi	Risale	98	98	98	98	98	98	98	
14 221	Territori agricoli	Culture permanenti	Vigneti	58	63.5	69	73	77	78.5	80	
15 222	Territori agricoli	Culture permanenti	Frutteti e frutti minori	32	45	58	65	72	75.5	79	
16 223	Territori agricoli	Culture permanenti	Oliveti	32	45	58	65	72	75.5	79	
17 231	Territori agricoli	Prati stabili	Prati stabili	39	50	61	67.5	74	77	80	
18 241	Territori agricoli	Zone agricole eterogenee	Culture annuali associate a colture permanenti	58	65	72	76.5	81	83	85	
19 242	Territori agricoli	Zone agricole eterogenee	Sistemi culturali e particellari permanenti	58	65	72	76.5	81	83	85	
20 243	Territori agricoli	Zone agricole eterogenee	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali	30	44	58	64.5	71	74.5	78	
21 244	Territori agricoli	Zone agricole eterogenee	Aree agroforestali - Colture annuali o pascolo sotto copertura arborea composta da specie forestali.	30	44	58	64.5	71	74.5	78	
22 311	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone boscate	Boschi di latifoglie	30	42.5	55	62.5	70	73.5	77	
23 312	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone boscate	Boschi di conifere	36	48	60	66.5	73	76	79	
24 313	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone boscate	Boschi misti	33	45	57	64	71	74.5	78	
25 321	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	39	50	61	67.5	74	77	80	
26 322	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Brughiere e cespuglieti	30	39	48	56.5	65	69	73	
27 323	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a vegetazione sclerofilla	35	45.5	56	63	70	73.5	77	
28 324	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	48	57.5	67	72	77	80	83	
29 331	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Spiagge, dune, sabbie e ciottolami dei greti.	70	70	70	70	70	70	70	
30 332	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	89	90.5	92	93	94	94.5	95	
31 333	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Aree con vegetazione rada	68	73.5	79	79	79	84	89	
32 334	Territori boscati e ambienti semi naturali	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Aree percorse da incendio	76	80.5	85	87.5	90	91.5	93	
33 411	Zone umide	Zone umide interne	Paludi interne	96	96	96	96	96	96	96	
34 421	Zone umide	Zone umide marittime	Paludi salmastre	93	93	93	93	93	93	93	
35 511	Corpi idrici	Acque continentali	Corsi d'acqua, canali e idrovie	98	98	98	98	98	98	98	

Tabella 2: valori del coefficiente CN in funzione dell'uso del suolo e del tipo di suolo

Sulla base della metodologia descritta si sono ottenute le seguenti carte dei coefficienti CN all'interno dell'area oggetto di studio, la prima relativa allo stato attuale e la seconda allo stato di progetto per il sottobacino S-01, conseguente all'impermeabilizzazione dei suoli prodotta dall'attuazione delle trasformazioni previste dal PUA.

A favore di sicurezza, all'intera area oggetto di PUA è stato assegnato un valore del CN pari a 92, considerando un'impermeabilizzazione superficiale prossima al 75%.

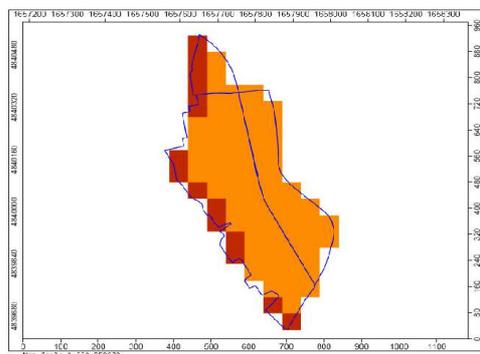


Figura 1: CN stato attuale

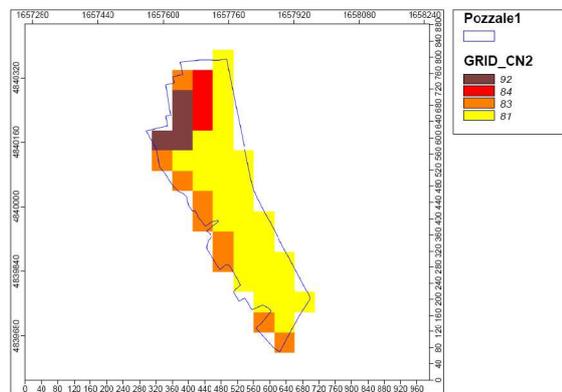


Figura 2: CN stato di progetto sottobacino S-01

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

I coefficienti CN nelle condizioni secondo il metodo del SCS per i tre sottobacini idrografici individuati sono riassunti nella seguente tabella:

Sottobacino	CN stato attuale	CN stato di progetto
S-01	81.5	83
S-02	81	81
S-03	82	82

Tabella 3: parametri CN dei sottobacini idrografici

Tempi di corrivazione

Il tempo di corrivazione T_c è stato calcolato mediante la formula di Pezzoli, valida per bacini di modesta estensione e debole pendenza, espressa dalla seguente:

$$T_c = 0.055 \cdot L \sqrt{i}$$

con L lunghezza dell'asta principale in Km, i pendenza media dell'asta principale, T_c espresso in ore.

Nella tabella seguente si riassumono i tempi di corrivazione ottenuti per i 3 sottobacini:

Sottobacino	T_c Pezzoli [h]
S-01	1.47
S-02	0.55
S-03	0.24

Tabella 4: tempi di corrivazione

3.2.5. Modelli di trasformazione afflussi-deflussi

3.2.5.1. Modello di trasformazione afflussi-afflussi netti: il metodo CN del SCS

Il metodo CN (Curve Number) del SCS si basa sull'equazione di continuità, espressa dalla seguente:

$$P_{net} = P - S'$$

con P_{net} volume specifico (mm) di pioggia netta, P volume specifico affluito, S' volume specifico infiltrato. Il metodo ipotizza che valga la seguente relazione di proporzionalità:

$$\frac{(S')}{S} = \frac{P_{net}}{(P - I_a)}$$

dove S è il massimo volume d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione e I_a la perdita iniziale. Combinando le due equazioni precedenti si ottiene:

$$P_{net} = 0 \quad \text{per } P < I_a$$

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad \text{per } P \geq I_a$$

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	8/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

Per la stima di I_a si può far ricorso alla seguente equazione: $I_a = 0.1 - 0.4 S$ (generalmente $I_a = 0.2 S$). La valutazione di S è ricondotta a quella dell'indice CN, secondo la seguente:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

valida per S espressa in mm.

I valori dei coefficienti CN impiegati nell'analisi idrologica sono quelli di cui alla Tabella 3, riportata in precedenza.

3.2.5.2. Modello di trasformazione afflussi netti-deflussi: il metodo dell'idrogramma unitario di Clark

L'idrogramma unitario (IU) è definito come l'idrogramma generato da una pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un dato periodo di tempo assunto come unitario.

Le ipotesi di base della teoria dell'idrogramma unitario sono quelle di linearità ed invarianza nel tempo dei fenomeni che governano il passaggio da pioggia netta a deflusso alla sezione di chiusura del bacino. Il modello dell'idrogramma unitario dà generalmente buoni risultati in bacini di grandezza indicativamente variabile da meno di 0.5 ettari a 25 Km². I fenomeni non lineari che entrano in gioco nella trasformazione afflussi deflussi si suppone che vengano eliminati nel passaggio dalla pioggia totale alla pioggia efficace. Noto l'idrogramma unitario di un dato bacino è possibile ricostruire per convoluzione l'idrogramma di risposta del bacino per qualsiasi idrogramma di pioggia efficace.

Nel caso in esame si è impiegato l'idrogramma unitario di Clark per entrambi i sottobacini idrografici.

La definizione dell'IU di Clark nasce dalla considerazione che i fenomeni fisici che governano la trasformazione afflussi deflussi sono essenzialmente due:

- La traslazione della pioggia netta dal suo punto di origine alla sezione di chiusura del bacino idrografico.
- I fenomeni di invaso e svaso di acqua che avvengono in un bacino soggetto a precipitazioni.

L'idrogramma di Clark considera esplicitamente tali due fenomeni. La sua applicazione richiede la definizione della costante di invaso R del serbatoio lineare che rappresenta i fenomeni di invaso nel bacino idrografico. Secondo Eaglin e Wanielista la costante R può essere posta in prima approssimazione uguale al tempo di corrivazione del bacino. Inoltre il rapporto $R/(T_c+R)$ assume generalmente un valore costante all'interno di regioni idrologiche omogenee: tale parametro varia generalmente da valori prossimi a 0.1, tipici solitamente di idrogrammi caratterizzati da un ramo ascendente ripido, (ad esempio idrogrammi generati da bacini urbani o da bacini ad elevata pendenza media) fino a valori prossimi a 0.7, che si hanno per idrogrammi relativi a bacini agricoli pianeggianti o coperti da boschi, con bassa pendenza media.

Nel caso in esame si è posto R uguale al tempo di corrivazione del sottobacino, assumendo quindi il rapporto $R/(T_c+R)$ pari a 0.5.

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	9/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

3.2.6. Idrogrammi di piena e portate massime

Con il software HEC-HMS, sulla base dei parametri indicati in precedenza, si è costruito il modello idrologico complessivo della zona oggetto di studio, sia allo stato attuale che allo stato di progetto; il cambiamento tra i due modelli è legato al parametro CN, che varia allo stato di progetto a seguito dell'impermeabilizzazione superficiale; la planimetria schematica del modello è riportata nella figura seguente:

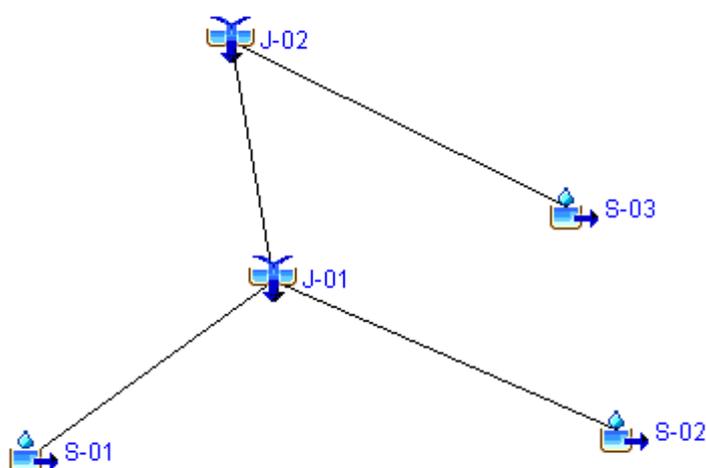


Figura 3: schematizzazione del bacino idrografico

Le simulazioni condotte per eventi con tempo di ritorno 25 anni hanno riguardato precipitazioni con durata compresa tra 1.25 e 4 ore, considerato il tempo di corrivazione del bacino complessivo. Nella tabella seguente si riportano le portate attese per ciascun elemento del modello idrologico al variare della durata di precipitazione:

Durata pioggia [ore]	Portata massima [l/s]				
	S-01	S-02	S-03	J-01	J-02
1.25	211	199	90	328	370
1.50	227	202	85	356	398
1.75	239	203	80	377	421
2.00	248	201	76	393	439
2.50	260	193	68	412	460
3.00	267	184	62	420	468
3.50	269	174	57	421	468
4.00	268	164	53	417	462

Tabella 5: portate massime TR25 anni stato attuale

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	10/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

Durata pioggia [ore]	Portata massima [l/s]				
	S-01	S-02	S-03	J-01	J-02
1.25	233	199	90	347	386
1.50	249	202	85	376	416
1.75	261	203	80	398	441
2.00	270	201	76	415	459
2.50	282	193	68	434	481
3.00	287	184	62	441	489
3.50	288	174	57	441	488
4.00	286	164	53	435	481

Tabella 6: portate massime TR25 anni stato di progetto

Dalle tabelle sopra riportate, per i tratti di verifica della fognatura allo stato attuale e di progetto, con riferimento a tempi di ritorno 25 anni, si hanno le seguenti portate massime:

Tratto iniziale S-01	$Q_{\max\text{attuale}} = 269 \text{ l/s}$	$Q_{\max\text{progetto}} = 288 \text{ l/s}$
Tratto intermedio J-01	$Q_{\max\text{attuale}} = 421 \text{ l/s}$	$Q_{\max\text{progetto}} = 441 \text{ l/s}$
Tratto finale J-02	$Q_{\max\text{attuale}} = 468 \text{ l/s}$	$Q_{\max\text{progetto}} = 488 \text{ l/s}$

Sostanzialmente, la trasformazione comporterà un incremento di 20 l/s sulla massima portata attesa con tempo di ritorno 25 anni.

Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati di dettaglio del modello HEC-HMS 3.4.

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	11/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

RISULTATI MODELLO HEC-HMS STATO ATTUALE

ATT-icTR25TP01.00h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.225	01Jan2010, 10:02	16.79
S-03	0.015	0.108	01Jan2010, 09:04	17.38
S-02	0.052	0.222	01Jan2010, 09:17	16.22
J-01	0.167	0.347	01Jan2010, 09:25	16.62
J-02	0.182	0.394	01Jan2010, 09:15	16.68

ATT-icTR25TP01.25h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.211	01Jan2010, 10:13	16.14
S-03	0.015	0.090	01Jan2010, 09:19	16.71
S-02	0.052	0.199	01Jan2010, 09:30	15.58
J-01	0.167	0.328	01Jan2010, 09:39	15.96
J-02	0.182	0.370	01Jan2010, 09:29	16.02

ATT-icTR25TP01.50h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.227	01Jan2010, 10:25	17.75
S-03	0.015	0.085	01Jan2010, 09:33	18.36
S-02	0.052	0.202	01Jan2010, 09:43	17.17
J-01	0.167	0.356	01Jan2010, 09:53	17.57
J-02	0.182	0.398	01Jan2010, 09:43	17.63

ATT-icTR25TP01.75h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.239	01Jan2010, 10:37	19.22
S-03	0.015	0.080	01Jan2010, 09:48	19.85
S-02	0.052	0.203	01Jan2010, 09:57	18.61
J-01	0.167	0.377	01Jan2010, 10:07	19.03
J-02	0.182	0.421	01Jan2010, 09:57	19.1

ATT-icTR25TP02.00h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.248	01Jan2010, 10:49	20.56
S-03	0.015	0.076	01Jan2010, 10:02	21.21
S-02	0.052	0.201	01Jan2010, 10:11	19.92
J-01	0.167	0.393	01Jan2010, 10:20	20.36
J-02	0.182	0.439	01Jan2010, 10:11	20.43

ATT-icTR25TP02.50h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.260	01Jan2010, 11:14	22.95
S-03	0.015	0.068	01Jan2010, 10:32	23.64
S-02	0.052	0.193	01Jan2010, 10:39	22.28
J-01	0.167	0.412	01Jan2010, 10:48	22.74
J-02	0.182	0.460	01Jan2010, 10:39	22.81

ATT-icTR25TP03.00h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.267	01Jan2010, 11:40	25.07
S-03	0.015	0.062	01Jan2010, 11:01	25.79
S-02	0.052	0.184	01Jan2010, 11:07	24.37
J-01	0.167	0.420	01Jan2010, 11:16	24.85
J-02	0.182	0.468	01Jan2010, 11:08	24.93

ATT-icTR25TP03.50h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.269	01Jan2010, 12:06	26.98
S-03	0.015	0.057	01Jan2010, 11:31	27.73
S-02	0.052	0.174	01Jan2010, 11:36	26.25
J-01	0.167	0.421	01Jan2010, 11:44	26.76
J-02	0.182	0.468	01Jan2010, 11:37	26.84

ATT-icTR25TP04.00h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.268	01Jan2010, 12:33	28.71
S-03	0.015	0.053	01Jan2010, 12:01	29.49
S-02	0.052	0.164	01Jan2010, 12:05	27.96
J-01	0.167	0.417	01Jan2010, 12:12	28.48
J-02	0.182	0.462	01Jan2010, 12:06	28.56

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	12/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

RISULTATI MODELLO HEC-HMS STATO DI PROGETTO

PRO-icTR25TP01.00h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.248	01Jan2010, 10:01	18.59
S-02	0.052	0.222	01Jan2010, 09:17	16.22
S-03	0.015	0.108	01Jan2010, 09:04	17.38
J-01	0.167	0.365	01Jan2010, 09:26	17.85
J-02	0.182	0.408	01Jan2010, 09:17	17.81

PRO-icTR25TP01.25h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.233	01Jan2010, 10:13	17.9
S-02	0.052	0.199	01Jan2010, 09:30	15.58
S-03	0.015	0.090	01Jan2010, 09:19	16.71
J-01	0.167	0.347	01Jan2010, 09:40	17.17
J-02	0.182	0.386	01Jan2010, 09:30	17.14

PRO-icTR25TP01.50h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.249	01Jan2010, 10:24	19.6
S-02	0.052	0.202	01Jan2010, 09:43	17.17
S-03	0.015	0.085	01Jan2010, 09:33	18.36
J-01	0.167	0.376	01Jan2010, 09:54	18.84
J-02	0.182	0.416	01Jan2010, 09:44	18.8

PRO-icTR25TP01.75h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.261	01Jan2010, 10:36	21.15
S-02	0.052	0.203	01Jan2010, 09:57	18.61
S-03	0.015	0.080	01Jan2010, 09:48	19.85
J-01	0.167	0.398	01Jan2010, 10:07	20.36
J-02	0.182	0.441	01Jan2010, 09:57	20.31

PRO-icTR25TP02.00h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.270	01Jan2010, 10:48	22.55
S-02	0.052	0.201	01Jan2010, 10:11	19.92
S-03	0.015	0.076	01Jan2010, 10:02	21.21
J-01	0.167	0.415	01Jan2010, 10:20	21.73
J-02	0.182	0.459	01Jan2010, 10:11	21.69

PRO-icTR25TP02.50h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.282	01Jan2010, 11:13	25.06
S-02	0.052	0.193	01Jan2010, 10:39	22.28
S-03	0.015	0.068	01Jan2010, 10:32	23.64
J-01	0.167	0.434	01Jan2010, 10:48	24.19
J-02	0.182	0.481	01Jan2010, 10:40	24.15

PRO-icTR25TP03.00h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.287	01Jan2010, 11:39	27.27
S-02	0.052	0.184	01Jan2010, 11:07	24.37
S-03	0.015	0.062	01Jan2010, 11:01	25.79
J-01	0.167	0.441	01Jan2010, 11:16	26.37
J-02	0.182	0.489	01Jan2010, 11:08	26.32

PRO-icTR25TP03.50h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.288	01Jan2010, 12:05	29.27
S-02	0.052	0.174	01Jan2010, 11:36	26.25
S-03	0.015	0.057	01Jan2010, 11:31	27.73
J-01	0.167	0.441	01Jan2010, 11:44	28.33
J-02	0.182	0.488	01Jan2010, 11:37	28.28

PRO-icTR25TP04.00h

Elemento idrologico	Sup. drenata [km2]	Qmax [m3/s]	Istante di picco	Volume [mm]
S-01	0.115	0.286	01Jan2010, 12:32	31.06
S-02	0.052	0.164	01Jan2010, 12:05	27.96
S-03	0.015	0.053	01Jan2010, 12:01	29.49
J-01	0.167	0.435	01Jan2010, 12:12	30.1
J-02	0.182	0.481	01Jan2010, 12:06	30.05

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	13/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

3.3. Modellazione idraulica

3.3.1. Verifica dello stato attuale

La verifica dello stato attuale è stata condotta sulla base del rilievo topografico redatto dal Geom. Rutili, che ha permesso di determinare le sezioni idrauliche e le quote del fondo del reticolo idraulico.

Le verifiche sono state condotte mediante il software SWMM (Storm Water Management Model) prodotto dalla Environmental Protection Agency (EPA) americana. I calcoli sono stati eseguiti secondo lo schema di moto permanente monodimensionale.

Le massime portate inserite nel modello idraulico dello stato attuale sono quelle riportate al capitolo precedente. Il tratto verificato è quello che va dalla scolina in adiacenza al PUA fino al tratto lungo la S.P. Val d'Orme ove è previsto il PUA 7.2 poco a monte del sottopasso della strada stessa.

Per la definizione del modello idraulico sono necessarie le seguenti informazioni:

- quote del fondo nelle sezioni di interesse
- dimensioni delle condotte o delle sezioni a cielo aperto
- coefficienti di scabrezza
- condizione al contorno di valle
- portate di verifica

3.3.1.1. Quote del fondo e dimensioni delle sezioni

Le quote del fondo e le dimensioni delle sezioni sono desunte dal rilievo topografico eseguito dal Geom. Rutili, e sono riportate negli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

3.3.1.2. Coefficienti di scabrezza

I coefficienti di scabrezza n di Manning sono stati assunti pari ai seguenti valori:

- $n = 0.016$ tubazioni in calcestruzzo in non perfette condizioni
- $n = 0.024$ sponde e fondo in terra con copertura erbosa

3.3.1.3. Condizione al contorno di valle

La condizione al contorno di valle è stata assunta di deflusso in condizioni di moto uniforme, con la pendenza della linea dell'energia pari alla pendenza del fondo alveo.

3.3.1.4. Portate di verifica

Le portate di verifica (eventi con TR 25 anni) sono quelle indicate al capitolo precedente, e sono pari a 269 l/s nel tratto iniziale, a 421 l/s nel tratto a valle di Via di Sottopoggio e di 468 l/s nel tratto terminale oggetto di studio.

3.3.1.5. Risultati della verifica idraulica dello stato attuale

Nella figura seguente si riporta il profilo longitudinale del tratto simulato della rete scolante delle acque bianche sulla base delle massime portate con tempo di ritorno 25 anni. Dalla figura si evince che il tratto in esame risulta adeguato, secondo le analisi effettuate, allo smaltimento della massima portata attesa in occasione di eventi pluviometrici con tempo di ritorno 25 anni.

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	14/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

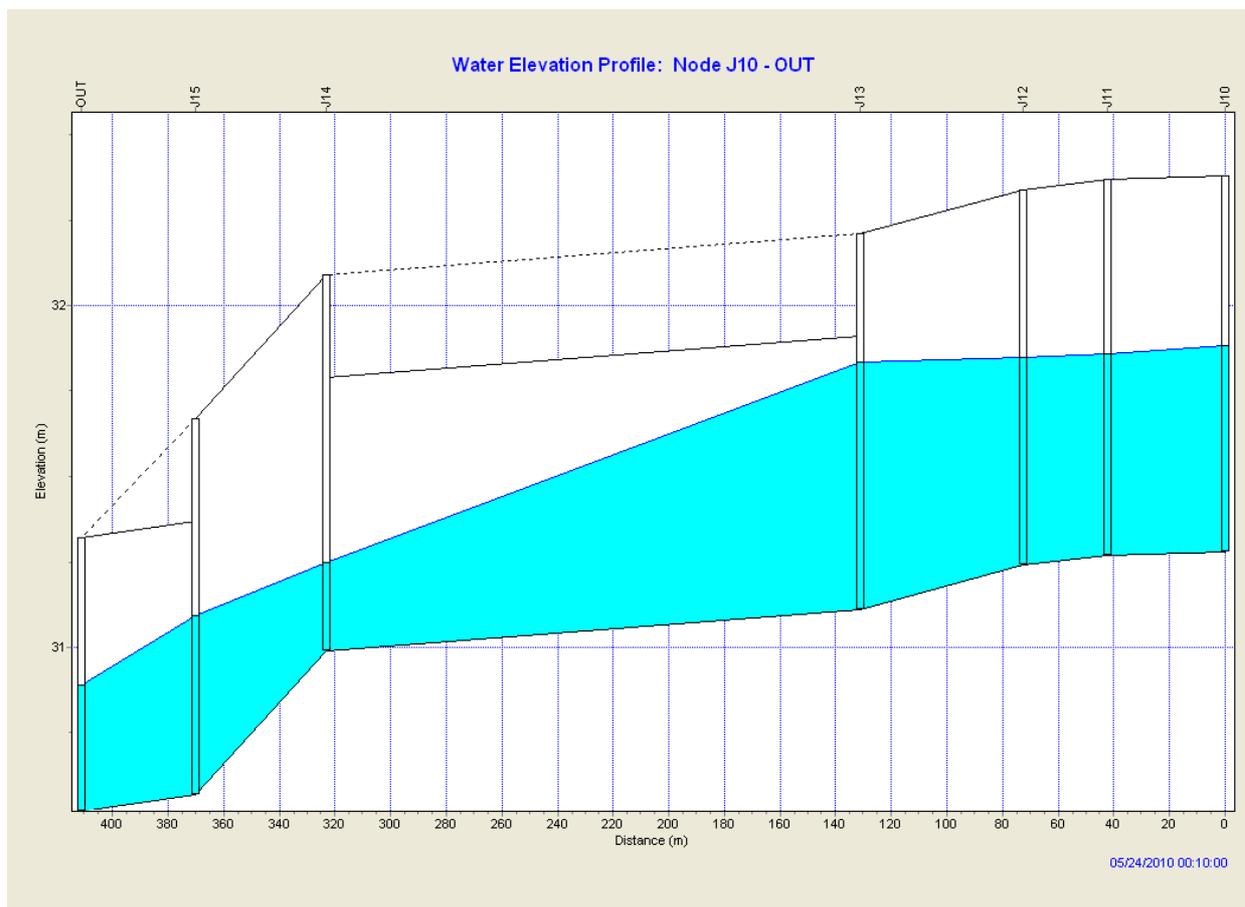


Figura 4: profilo TR25 anni stato attuale

3.3.2. Dimensionamento idraulico dello stato di progetto

Allo stato di progetto si prevede di realizzare un nuovo collettore, in parte a cielo aperto e in parte intubato che raccolga le acque provenienti da monte e quelle della lottizzazione, e le porti su Via Sottopoggio a confluire nella condotta esistente. In questo modo la fossetta che corre lungo il confine Est del PUA verrà scaricata dalle acque provenienti da monte, con assoluto beneficio per le aree poste ad Est della stessa fino alla S.P. della Val d'Orme.

La nuova fognatura bianca correrà per un primo tratto all'interno del verde pubblico con sezione trapezia a cielo aperto, per poi raggiungere il parcheggio e continuare intubata fino all'immissione nella condotta esistente su Via di Sottopoggio.

La pendenza del nuovo tratto è limitata dal dislivello disponibile tra l'inizio della nuova scolina (+31.98 m slm) e l'ingresso nel tratto intubato (+31.11 m slm), secondo il rilievo topografico. La lunghezza da coprire ammonta a circa 364 m, con una pendenza costante pari a $(31.98-31.11)/364 = 0.0024$ (2.4 per mille).

Il nuovo tratto per la parte a cielo aperto avrà sezione trapezia, con larghezza al fondo di 80cm e scarpa delle sponde 1 su 1, mentre per il tratto intubato che correrà lungo la pista ciclopeditonale si disporrà una tubazione scatolare 1000x800mm.

I coefficienti di scabrezza e la condizione al contorno di valle sono esattamente le stesse

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	15/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

impiegate per la verifica dello stato attuale.

Le portate massime a fronte di eventi con tempo di ritorno 25 anni, indicate al capitolo precedente, sono le seguenti:

Tratto iniziale S-01 (Junction J01 modello SWMM)	$Q_{\text{maxprogetto}} = 288 \text{ l/s}$
Tratto intermedio J-01 (Junction J13 modello SWMM)	$Q_{\text{maxprogetto}} = 441 \text{ l/s}$
Tratto finale J-02 (Junction J14 modello SWMM)	$Q_{\text{maxprogetto}} = 488 \text{ l/s}$

3.3.2.1. Risultati della modellazione idraulica dello stato di progetto

Nella figura seguente si riporta il profilo longitudinale della fognatura allo stato di progetto, con le massime portate venticinquennali conseguenti all'attuazione del PUA:

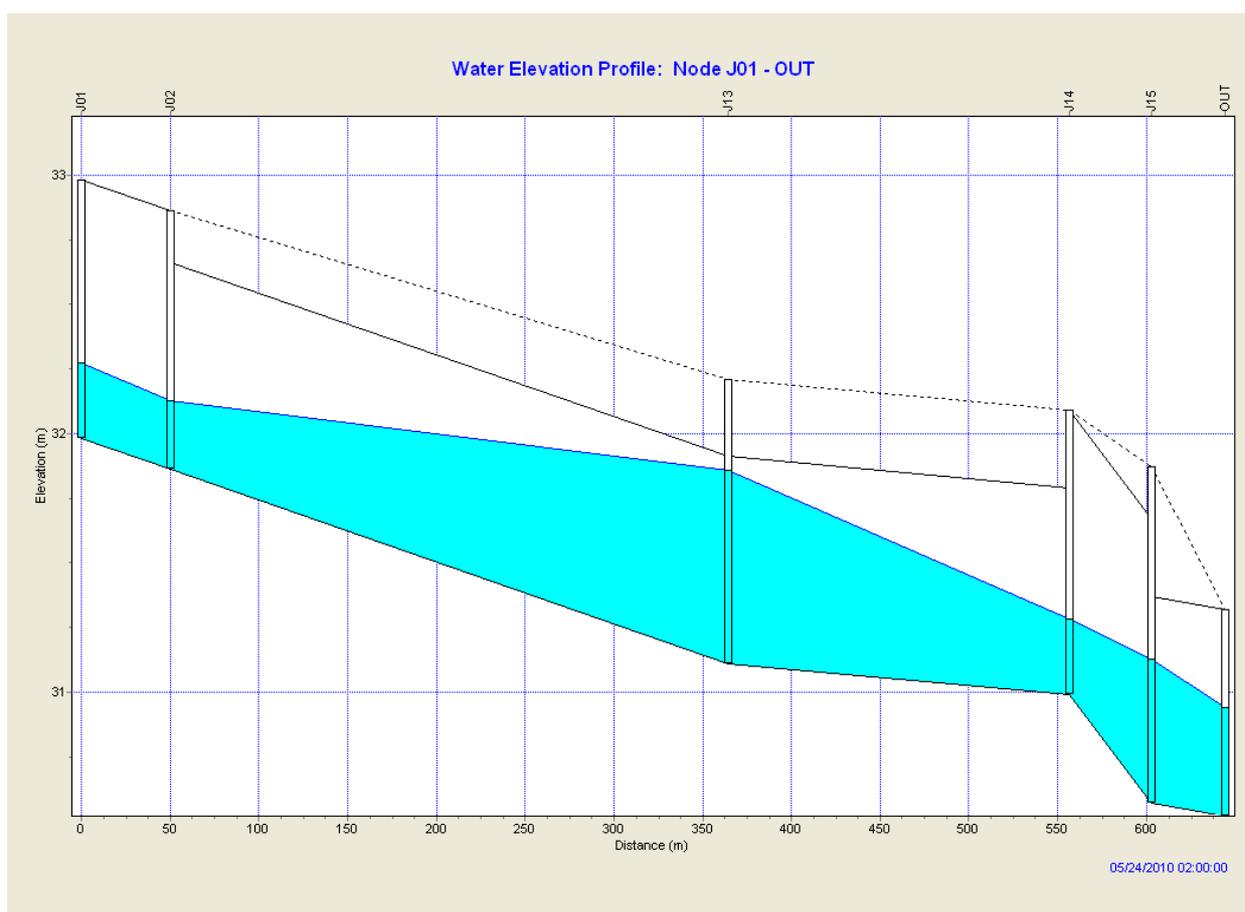


Figura 5: profilo TR25 anni stato di progetto

Dalla figura sopra riportata si evince che il tratto in progetto (dal nodo J01 al nodo J13) è adeguato allo smaltimento delle massime portate attese con tempo di ritorno 25 anni.

Il condotto 1000x800mm che verrà realizzato al di sotto della pista ciclabile, interessato da una portata massima di 289 l/s, raggiunge una capacità (rapporto tra l'altezza d'acqua e l'altezza della tubazione) pari a 0.63, con un'altezza d'acqua pari a 51cm; il franco di sicurezza è quindi pari a 29cm, superiore a metà dell'altezza liquida (25.5cm), con un'ottima garanzia sulla funzionalità del sistema.

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	16/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

Nel seguito si riportano i risultati di dettaglio del calcolo idraulico in formato tabellare.

Condotto	Portata [l/s]	Altezza acqua [m]	Velocità [m/s]	Numero di Froude	Capacità
C01-02	288	0.28	0.96	0.65	0.28
C02-13	288	0.51	0.57	0.26	0.63
C13-14	441	0.52	1.28	0.57	0.65
C14-15	489	0.42	0.87	0.48	0.38
C15-16	489	0.49	1.52	0.69	0.61

Nodo	Quota fondo [m slm]	Altezza acqua [m]	Carico idraulico [m slm]	Portata [l/s]	Portata esondante [l/s]
J01	31.98	0.29	32.27	288	0
J02	31.86	0.27	32.13	288	0
J13	31.11	0.74	31.85	441	0
J14	30.99	0.29	31.28	489	0
J15	30.57	0.56	31.13	489	0
J16	30.52	0.42	30.94	489	0

3.4. Conclusioni

Stante quanto descritto ai paragrafi precedenti, la fognatura bianca in progetto è in grado di smaltire in condizioni di sicurezza idraulica, con franchi adeguati, la massima portata attesa con tempo di ritorno 25 anni, anche a seguito dell'attuazione delle trasformazioni previste dal PUA.

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	17/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

4. PROGETTO DELLA FOGNATURA NERA

4.1. Descrizione dello stato di progetto

Per lo stato di progetto sono previste due tubazioni a servizio delle utenze del nuovo lotto realizzate con tubazioni in PVC di Ø200mm di diametro; la prima scorrerà lungo l'asse della strada di nuova costruzione più a Sud per immettersi nella tubazione principale attraverso il pozzetto N01 situato all'incrocio tra Via C. Cattaneo e Via G. Montanelli; la seconda scorrerà lungo l'asse dell'altra strada di nuova costruzione per immettersi nella tubazione principale attraverso il pozzetto N02 situato all'incrocio tra Via C. Cattaneo e Via N. Bixio.

4.2. Caratteristiche principali fognatura nera

Le fognature nere a servizio del lotto oggetto di PUA saranno realizzate mediante condotte circolari in PVC SN8 per fognatura di Ø200mm. La rete idraulica in progetto scaricherà nel pozzetto esistente N01 con quota di scorrimento a 31.25 m slm e nel pozzetto esistente N02 con quota di scorrimento a 31.09 m slm, secondo quanto indicato nelle tavole di progetto.

Gli edifici connessi alla rete sono 7: tre per la fognatura che recapita nel pozzetto N01 e quattro per la fognatura che recapita nel pozzetto N02, secondo quanto indicato nelle tavole di progetto. Gli allacci dei fabbricati saranno realizzati sui tratti di fognatura in progetto.

Le tubazioni nere sono state disposte altimetricamente in modo tale che il cervello delle stesse sia sempre a quota inferiore rispetto al fondo delle condotte bianche, come meglio evidenziato nella tavola 2 di progetto; particolare attenzione è stata posta nella progettazione delle intersezioni, in quanto, date le condizioni altimetriche del lotto e dei punti fissi di scarico esistenti, non è possibile muoversi con ampia libertà; le posizioni altimetriche delle condotte sono infatti costrette dalle necessità di adeguarsi alle quote di scarico e al garantire la pendenza necessaria per lo smaltimento in sicurezza delle acque.

Lo scarico in fognatura nera non potrà avvenire, per i suddetti motivi, in testa alla fognatura esistente, ma si dovrà necessariamente scaricare a quote leggermente più basse; le immissioni saranno dotate di ventole antiriflusso per prevenire eventuali rigurgiti dalla fognatura mista esistente lungo Via Cattaneo.

4.3. Previsione della popolazione servita dalla rete in progetto

Come indicato nell'elaborato di Valutazione degli effetti ambientali a supporto del progetto del PUA, la destinazione degli edifici in progetto sarà residenziale, e la popolazione che vi risiederà è stimata in 157 abitanti equivalenti.

4.4. Valutazione e localizzazione di eventuali scarichi idrici provenienti da particolari complessi

La rete idraulica in progetto riceverà esclusivamente le acque provenienti dal Piano Urbanistico Attuativo. Non sono quindi presenti scarichi con caratteristiche particolari (attività industriali, ospedali, macelli, ecc.).

Le acque reflue uscenti dal lotto sono quindi da considerarsi a tutti gli effetti scarichi di tipo civile.

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	18/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

4.5. Dimensionamento idraulico delle fognature NERE

4.5.1. Calcolo delle portate nere medie e di punta

La previsione di residenti nel PUA è pari a 157 abitanti equivalenti. La dotazione idrica giornaliera pro-capite è fissata in 200 l/giorno. Il coefficiente di afflusso tipico alla fognatura nera per edifici civili è pari a 0.8 (coefficiente di dispersione 20%). La stima della portata media nera è eseguita mediante la seguente:

$$Q_0 = \frac{((1-e) \cdot d \cdot P)}{86400}$$

con e coefficiente di dispersione che tiene conto dell'aliquota di dotazione idrica che non raggiunge la fogna, d dotazione idrica pro-capite, P numero di abitanti.

Pertanto, la portata media nera istantanea risulta pari a:

$$Q_0 = \frac{((1-0.20) \cdot 200 \cdot 157)}{86400} = 0.29 \text{ l/s}$$

La portata nera in una sezione generica di una fogna è una grandezza variabile nel tempo che segue dappresso i consumi idrici. La stima della portata di picco può essere eseguita sulla base della portata media, moltiplicando la stessa per un coefficiente di punta c_p basato su dati sperimentali.

Il coefficiente di punta è stato calcolato mediante l'espressione di Koch:

$$C_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_0}} = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{0.29}} = 6.14$$

Un valore così elevato del coefficiente di punta è giustificato dal fatto che la fognatura in progetto ha estensione molto limitata e la destinazione residenziale dei corpi di fabbrica farà sì che ci saranno momenti della giornata (mattino, ora di pranzo, sera) nei quali ci sarà maggiore concentrazione della presenza di persone.

Pertanto, la portata di picco che defluirà nella rete, ed impiegata per il dimensionamento delle condotte, risulta pari a:

$$Q_p = C_p \cdot Q_0 = 1.79 \text{ l/s}$$

4.5.2. Calcolo idraulico delle condotte

La sezione di chiusura del sistema di fognature nere sarà sollecitato da una portata di picco Q_p pari a 1.79 l/s.

Il diametro minimo per le tubazioni nere indicato nella Circolare 11633/74 del Ministero dei LL.PP. è pari a Ø200 mm. Realizzando le tubazioni con pendenza pari al 2 per mille (0.002 m/m), è possibile tramite la formula del moto uniforme di Manning calcolare l'altezza liquida in tubazione e la velocità di deflusso.

La formula di Manning è espressa dalla seguente:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{(2/3)} \cdot i^{(1/2)}$$

con n coefficiente di scabrezza, A sezione bagnata, R raggio idraulico e i pendenza della

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	19/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

condotta.

La condotta sarà realizzata in PVC per fognature, materiale caratterizzato da una scabrezza n di Manning pari a 0.011. Considerando che la corrente liquida incontra una resistenza maggiore rispetto all'acqua pulita a causa di depositi ed eventuale sporcizia nei tubi, secondo le indicazioni disponibili in letteratura si aumenta la scabrezza fino ad un valore pari a 0.014.

Nella seguente tabella si riporta la scala di deflusso di una tubazione circolare di 200mm di diametro, scabrezza 0.014 e pendenza del fondo pari a 0.002:

CALCOLO SEZIONE CIRCOLARE

Diametro della tubazione	0.2	m
Raggio della tubazione	0.1	m
Scabrezza n di Manning	0.014	
Pendenza	0.00200	

h/D	Area [mq]	P [m]	R [m]	v [m/s]	Qmax [l/s]
0.05	0.00059	0.09021	0.00651	0.111	0.065
0.10	0.00164	0.12870	0.01270	0.174	0.284
0.15	0.00296	0.15908	0.01858	0.224	0.662
0.20	0.00447	0.18546	0.02412	0.267	1.193
0.25	0.00614	0.20944	0.02933	0.304	1.866
0.30	0.00793	0.23186	0.03419	0.336	2.667
0.35	0.00980	0.25322	0.03870	0.365	3.581
0.40	0.01174	0.27389	0.04285	0.391	4.590
0.45	0.01371	0.29413	0.04662	0.414	5.673
0.50	0.01571	0.31416	0.05000	0.434	6.810
0.55	0.01771	0.33419	0.05298	0.451	7.978
0.60	0.01968	0.35443	0.05553	0.465	9.151
0.65	0.02162	0.37510	0.05763	0.477	10.303
0.70	0.02349	0.39646	0.05925	0.485	11.403
0.75	0.02527	0.41888	0.06034	0.491	12.420
0.80	0.02694	0.44286	0.06084	0.494	13.313
0.85	0.02846	0.46924	0.06065	0.493	14.035
0.90	0.02978	0.49962	0.05961	0.487	14.516
0.95	0.03083	0.53811	0.05729	0.475	14.635
1.00	0.03142	0.62832	0.05000	0.434	13.620

Tabella 7: scala di deflusso fognatura nera

Come si osserva dalla tabella, la portata di picco pari a 1.79 l/s transita nella tubazione con un'altezza vicina al 25% del diametro e con una velocità compresa tra 0.27 e 0.3 m/s. Il franco di sicurezza è pari almeno al 75% del diametro della tubazione (circa 15 cm).

Dato che il diametro minimo ammissibile risulta già sovradimensionato alla chiusura della rete in progetto, l'intera rete di fognatura nera verrà realizzata con tubazioni circolari di Ø200mm di diametro in PVC.

Le caratteristiche dei singoli collettori fognari sono riportati nella seguente tabella:

Tratti	Lunghezza [m]	Quota fondo imbocco [m slm]	Quota fondo sbocco [m slm]	Diametro [mm]	Pendenza
--------	---------------	-----------------------------	----------------------------	---------------	----------

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	20/21

PROGETTO	ELABORATO	DATA
Piano Urbanistico Attuativo ad iniziativa privata in Empoli, loc. Pozzale, Scheda Norma 7.4 Progetto del sistema principale di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere	Relazione tecnica	Ottobre 2014

N01-N02	59.42	31.150	31.020	400	0.0022
N02-N03	62.14	31.000	30.790	400	0.0033
N01-N04	14.13	31.280	31.250	200	0.002
N04-N05	26.41	31.340	31.280	200	0.002
N05-N06	27.46	31.400	31.340	200	0.002
N02-N07	63.75	31.360	31.130	200	0.002

Tabella 2: Caratteristiche fognatura nera

Il cielo delle condotte che compongono la rete di fognatura nera è stato previsto a quote sempre inferiori al fondo delle condotte della rete di fognatura bianca, come evidenziato nella TAV02.

Le acque verranno addotte al sistema di conduzione al depuratore, posto in località Pagnana. Come già evidenziato nel documento a supporto del procedimento di valutazione integrata, l'incremento di portata e di volumi di acque nere, anche a confronto con la potenzialità raggiunta dal depuratore di Pagnana (80.000 AE) è del tutto trascurabile.

Nelle tavole allegate alla presente relazione tecnica si riportano le posizioni planimetriche e le caratteristiche delle condotte principali di fognatura nera in progetto.

Empoli, Ottobre 2014

Dott. Ing. Paolo Pucci
H.S. INGEGNERIA srl

PROGETTAZIONE	PAGINA
Dott. Ing. Paolo Pucci H.S. INGEGNERIA srl Via Andrea Bonistalli, 12 – 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail: info@hsingegneria.it P.IVA 01952520466	21/21