

C o m u n e d i S e n i g a l l i a
P r o v i n c i a d i A n c o n a

LOTTIZZAZIONE COMPARTO
CR2/C/ERP-Borgo Bicchia
IMA S.r.l.

PROGETTO ESECUTIVO



FASC.
D

**OPERE DI URBANIZZAZIONE
SECONDARIA**

DOC.

23_rev1

OGGETTO:

Verifica di invarianza idraulica e relativa
asseverazione redatte ai sensi della L.R. 19/2023 e
della D.G.R. 53/2014 OO.UU.I°

I TECNICI:

Geol. Gigliola Alessandrini

DATA: ottobre 2025



COMUNE DI SENIGALLIA

PROVINCIA DI ANCONA

LOTTIZZAZIONE COMPARTO CR/2/C/ERP - BORGO BICCHIA

COMMITTENTE: IMA S.R.L.

RELAZIONE D'INVARIANZA IDRAULICA DELLE AREE PUBBLICHE

- L. R. N.22/2011, art.10 comma 4 - D. G. R. N.53/2014 -

Senigallia, aprile 2024

Geol. Gigliola Alessandroni

Firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. n.82/2005 s.m.i.

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	CRITERI D'APPLICAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA	5
2.1	DESCRIZIONE DELLE SUPERFICI STATO DI FATTO/ DI PROGETTO	5
2.2	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ANTE E POST OPERAM AREA N°1	9
2.3	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ANTE E POST OPERAM AREA N°2	10
3.	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PEREMABILITA' DEL SITO	13
4.	ANALISI IDROLOGICA	15
5.	CALCOLO DEI VOLUMI DI COMPENSAZIONE	19
6.	SCELTE PROGETTUALI PER GARANTIRE L'INVARIANZA IDRAULICA	22
7.	PIANO DI MANUTENZIONE	23

ALLEGATO

ASSEVERAZIONE SULLA COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI
TERRITORIALI - DGR N.53 DEL 27/01/2014

alla viabilità principale e una porzione in concessione al Comune che comprende un'area per edilizia pubblica, aree verdi, parcheggi e percorsi ciclabili, collocate a valle della zona residenziale (cfr. Figura 2).

La relazione si articola nell'analisi dei dati di variazione delle superfici permeabili/impermeabili di quest'ultima zona, suddivisa per esigenze logistiche in n.2 aree come da Figure 3 e 4 seguenti (Area N°1 e Area N°2), secondo i criteri, le modalità e le indicazioni contenute nella DGR precedentemente richiamata e secondo la metodologia esposta nelle *“Linee Guida B -Sviluppo della verifica per l'invarianza idraulica- (Titolo I-Paragrafo 1.4)”*, rimandando per ciò che riguarda i singoli lotti residenziali alla loro specifica progettazione.

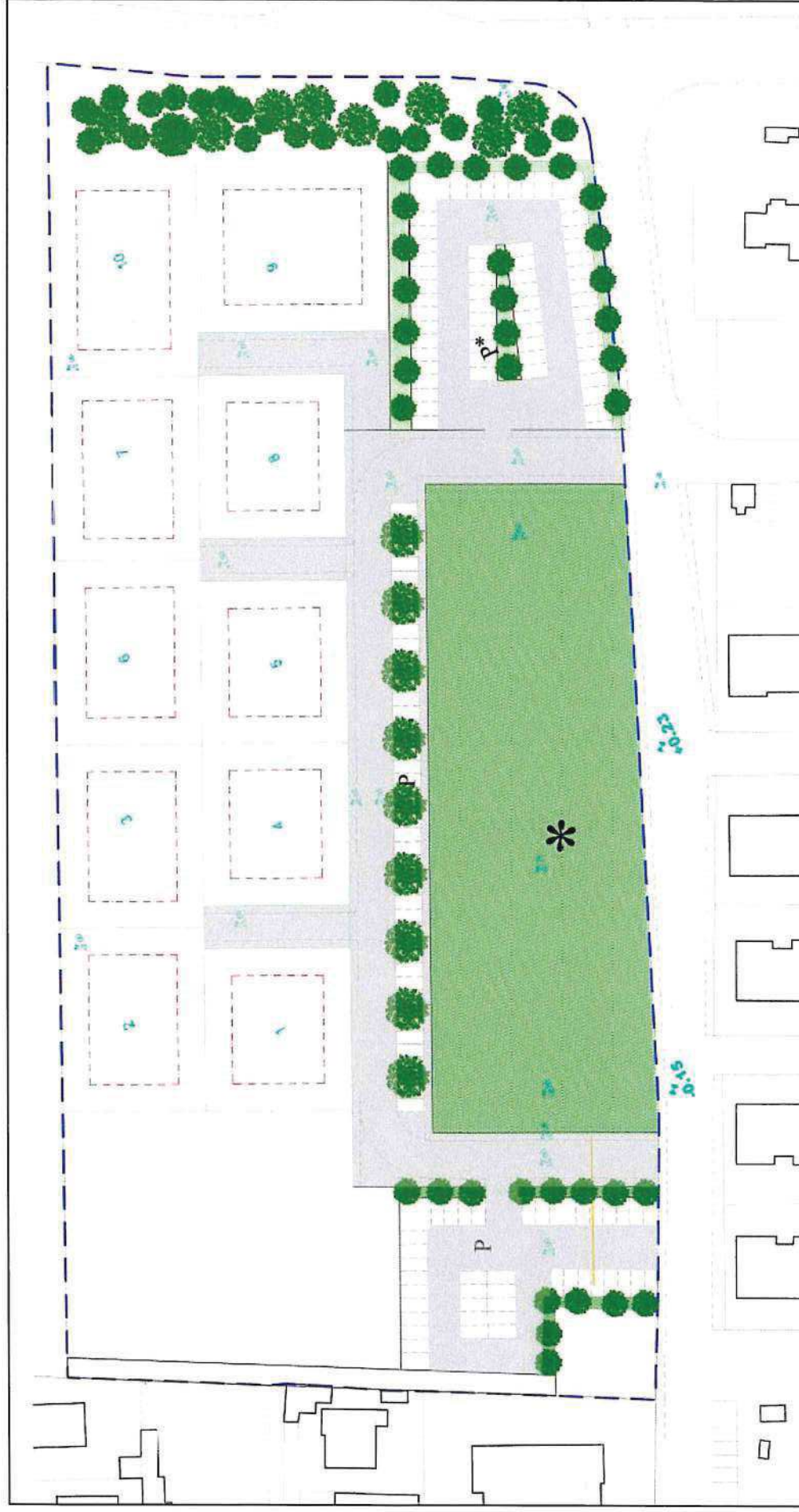


Figura 2 – Schema della lottizzazione CR/2/C/ERP, Borgo Bicchia di Senigallia

2. CRITERI DI APPLICAZIONE DELL' INVARIANZA IDRAULICA

L'invarianza idraulica viene valutata quando si modificano le condizioni preesistenti in termini di permeabilità delle superfici, come per ampliamenti netti delle superfici coperte da pavimentazione o da volumi edilizi che comportano impermeabilizzazioni anche parziali.

Infatti, l'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione, contribuisce all'incremento del coefficiente di deflusso e al conseguente aumento del coefficiente udometrico delle aree trasformate.

Il rispetto del principio presuppone che la portata al colmo di piena derivante dal drenaggio dell'area sia costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo, in modo che non si determini un aggravio della portata di piena del corpo idrico che riceve i deflussi superficiali originati dalla stessa.

I criteri di verifica seguono la normativa citata in premessa, con l'obiettivo finale di valutare le variazioni del coefficiente di deflusso e quindi della permeabilità ante e post operam e individuare le eventuali misure di compensazione.

2.1. DESCRIZIONE QUALITA' DELLE SUPERFICI STATO DI FATTO/ DI PROGETTO

Preliminarmente sono definite le condizioni di permeabilità ante e post operam e le soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dall'intervento.

La superficie d'intervento dell'Area N°1 è di 8.505,16 m², mentre quella dell'Area N°2 è 3.956,56 m² e pertanto entrambe s'inquadrano nella classe d'intervento "*Modesta impermeabilizzazione potenziale*" corrispondente a "*Intervento su superfici comprese tra 0.1 e 1ha* (cfr. Tabella 1).

Classe d'intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese tra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese tra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Tabella 1 – Classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica.

L'analisi dello stato di fatto di entrambe le aree evidenzia l'assenza di superfici impermeabili essendo il terreno incolto e in parte coltivato.

Per l'Area N°1 nello stato di progetto, le superfici impermeabili sono date da strade e parcheggi asfaltati, 2.033,36 m² e da aree per future attrezzature sportive, 666,15 m², per un totale di 2.699,51 m², mentre le superfici permeabili sono ripartite tra aree verdi, 3.846,61 m² e aree sistemate con idrodrain 1.959,04 m², per un totale di 5.805,65 m² (cfr. Figura 3).

Le superfici impermeabili dell'Area N°2 dello stato di progetto sono date da strade e parcheggi asfaltati per 1.045,96 m², mentre le superfici permeabili sono ripartite anche qui tra aree verdi, 1.988,60 m² e aree sistemate con idrodrain, 922,00 m², per un totale di 2.910,60 m² (cfr. Figura 4).

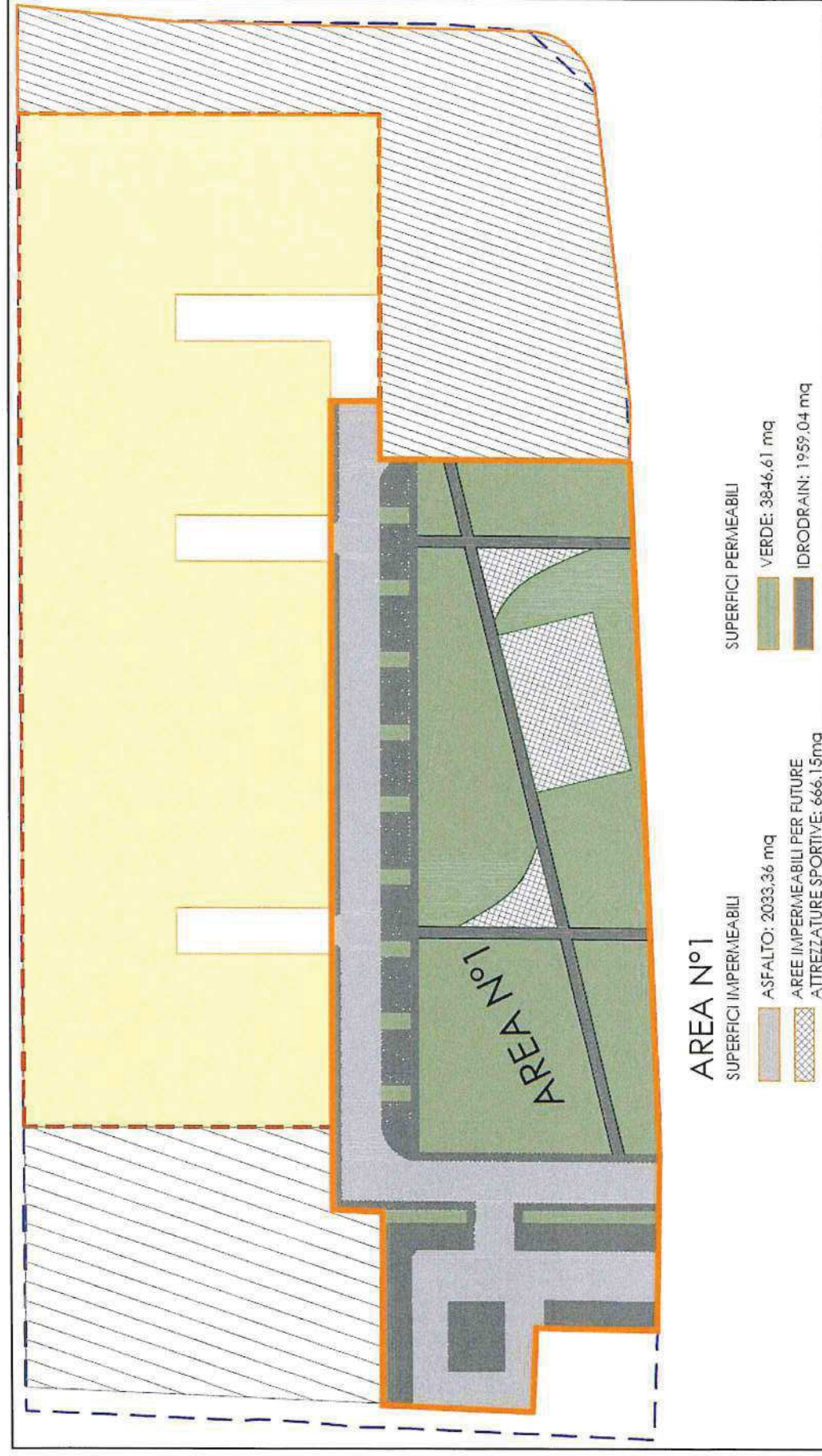


Figura 3 – Schema qualità e quantità delle superfici permeabili e impermeabili di progetto Area N°1

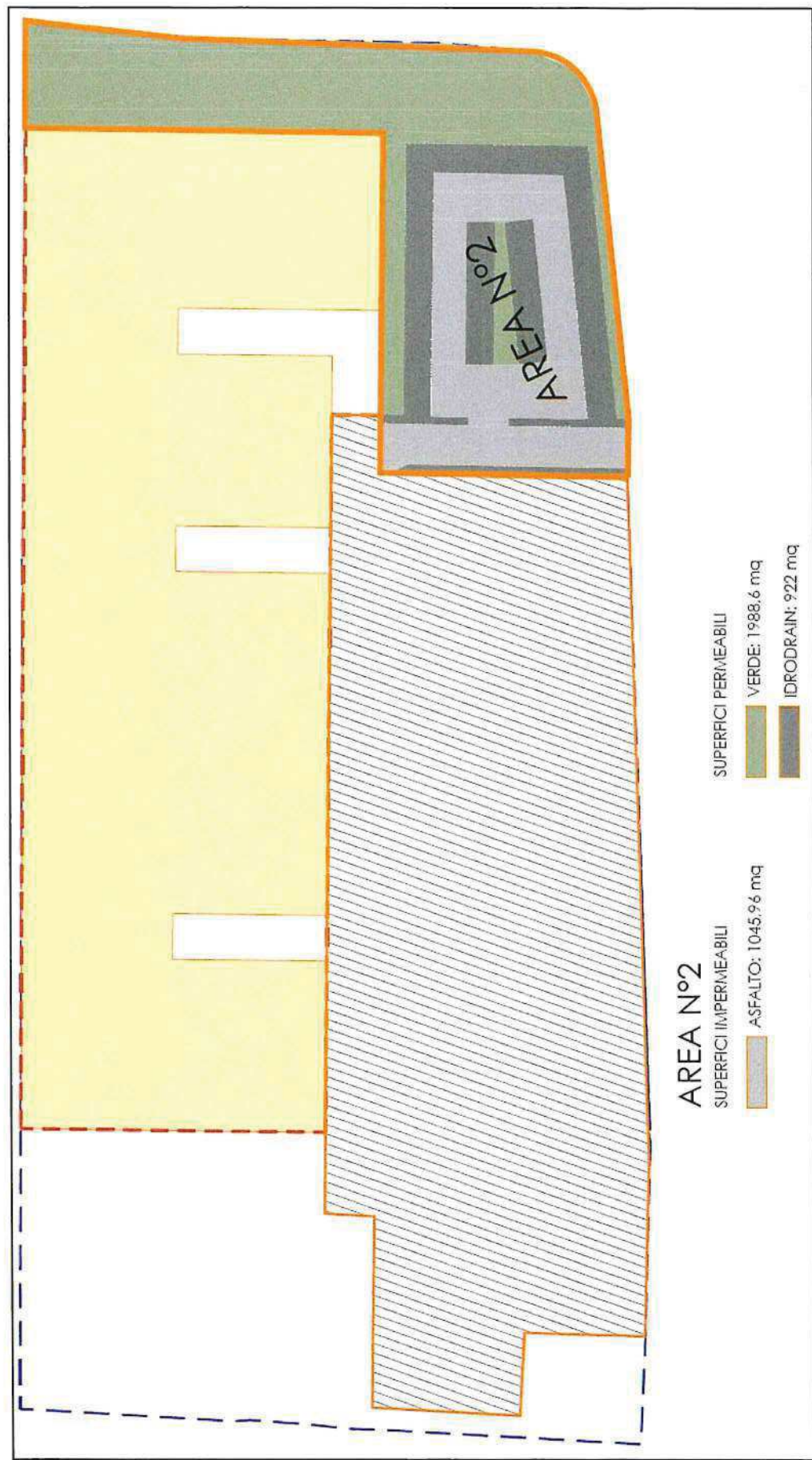


Figura 4 – Schema qualità e quantità delle superfici permeabili e impermeabili di progetto Area N°2

2.2 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ANTE E POST OPERAM AREA N°1

L'analisi puntuale delle trasformazioni delle superfici dell'Area N°1, in termini di impermeabilizzazione, rimanda alle tabelle 2 e 3 successive, dove sono riepilogate le quantità e qualità delle superfici, i valori e destinazioni delle superfici ante e poste operam, sulla base dello schema della Figura 3 precedente.

	Esistente	Progetto	Differenza
Superficie intervento	8.505,16 m ²	8.505,16 m ²	0,00
Superfici impermeabili	0,00 m ²	2.699,51 m ²	+2.699,51 m ²
Superfici permeabili	8.505,16 m ²	5.805,65 m ²	-2.699,51 m ²
Totale	8.505,16 m ²	8.505,16 m ²	0,00

Tabella 2 – Riepilogo quantità e qualità delle superfici

Nelle tabelle 4 e 5 successive è invece calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderato prima e dopo l'intervento, dove:

S_i = porzione della superficie considerata

ϕ_i = coefficiente di deflusso della superficie relativa

ϕ_m = coefficiente di deflusso medio ponderato pari a $\Sigma (S_i \times \phi_i) / Stot$

I valori dei coefficienti di deflusso applicati per entrambe le aree sono tratti dalla letteratura e in particolare da “*Norme DIN, FLL, A.T.V., scala Fruhling, UNI 11235*”.

Superficie intervento 8.505,16 m ²		
Ante Operam	Permeabile	Impermeabile
Terreno incolto e parzialmente coltivato	8.505,16 m ²	
Post Operam	Permeabile	Impermeabile
Aree verdi + idrodrain	5.805,65 m ²	
Strade + parcheggi + aree sportive		2.699,51 m ²

Tabella 3 - Valori e destinazioni delle superfici ante e post operam

Descrizione	Si m ²	ϕ_i	$\phi_i \times Si$
Terreno incolto e parzialmente coltivato	8.505,16	0,2	1.701,03
Superficie intervento 8.505,16 m ²		$\phi_m = 0,20$	1.701,03 m ²

Tabella 4 – Coefficiente deflusso medio ponderato stato attuale

Descrizione	Si m ²	ϕ_i	$\phi_i \times Si$
Aree verdi + idrodrain	5.805,65	0,2	1.161,13
Strade + parcheggi + aree sportive	2.699,51	0,9	2.429,56
Superficie intervento 8.505,16 m ²		$\phi_m = 0,42$	3.590,69 m ²

Tabella 5 – Coefficiente deflusso medio ponderato stato di progetto

2.3 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ANTE E POST OPERAM AREA N°2

L'analisi puntuale delle trasformazioni delle superfici dell'Area N°1, in termini di impermeabilizzazione, rimanda alle tabelle 6 e 7 successive, dove sono riepilogate le quantità e qualità delle superfici, i valori e destinazioni delle superfici ante e poste operam, sulla base dello schema della Figura 4 precedente.

	Esistente	Progetto	Differenza
Superficie intervento	3.956,56 m ²	3.956,56 m ²	0,00
Superfici impermeabili	0,00 m ²	1.045,96 m ²	+1.045,96 m ²
Superfici permeabili	3.956,56 m ²	2.910,60 m ²	-1.045,96 m ²
Totale	3.956,56 m ²	3.956,56 m ²	0,00

Tabella 6 – Riepilogo quantità e qualità delle superfici

Nelle tabelle 8 e 9 successive è invece calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderato prima e dopo l'intervento, dove:

Si = porzione della superficie considerata

ϕ_i = coefficiente di deflusso della superficie relativa

ϕ_m = coefficiente di deflusso medio ponderato pari a $\Sigma (Si \times \phi_i) / Stot$

Superficie intervento 3.956,56 m ²		
Ante Operam	Permeabile	Impermeabile
Terreno incolto e parzialmente coltivato	3.956,56 m ²	
Post Operam	Permeabile	Impermeabile
Aree verdi + idrodrain	2.910,60 m ²	
Strade + parcheggi		1.045,96 m ²

Tabella 7 - Valori e destinazioni delle superfici ante e post operam

Descrizione	Si m ²	ϕ_i	$\phi_i \times Si$
Terreno incolto e parzialmente coltivato	3.956,56	0,2	791,31
Superficie intervento 3.956,56 m ²		$\phi_m = 0,20$	791,31 m ²

Tabella 7 – Coefficiente deflusso medio ponderato stato attuale

Descrizione	Si m ²	ϕ_i	$\phi_i \times Si$
Aree verdi + idrodrain	2.910,60	0,2	582,12
Strade + parcheggi	1.045,96	0,9	941,36
Superficie intervento 3.956,56 m ²		$\phi_m = 0,39$	1.523,48 m ²

Tabella 9 – Coefficiente deflusso medio ponderato stato di progetto

Per entrambe le aree risulta che il coefficiente di deflusso medio ponderato prima della trasformazione è inferiore, rispetto a quello dopo la trasformazione, ed essendo il coefficiente di deflusso espressione della permeabilità del sito, se ne deduce che l'intervento di progetto comporta una diminuzione della permeabilità superficiale e pertanto si procede con il calcolo dei volumi di compensazione.

Al fine di garantire il principio dell'invarianza con una soluzione prestazionale compatibile che possa accogliere i volumi d'invaso stimati attraverso la formula: $W = W^o (\phi / \phi^o)^{(1/(1-n))} - 15 I - W^o P$, si è ritenuto conveniente studiare una metodologia che permetta l'infiltrazione nel sottosuolo, da attuarsi attraverso moduli geocellulari.

Pertanto, si è reso necessario verificare le condizioni idrogeologiche e idrologiche del sito in questione e in particolare, conoscere le caratteristiche complessive di permeabilità dei terreni e definire attraverso un'analisi idrologica le curve di possibilità climatica, per durate di precipitazione corrispondenti al tempo di corrivazione critico per l'area da trasformare, per un tempo di ritorno di 30 anni e pioggia di 2 ore.

3. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PERMEABILITÀ DEL SITO

L'assetto stratigrafico generale dell'area in esame, ricostruito in base alla correlazione delle indagini effettuate nell'area d'intervento e analizzati in dettaglio nell'elaborato "*Relazione geologica*", ha permesso di elaborare il modello geologico, costituito da depositi alluvionali costituiti da argille e limi a contenuto variabile della frazione sabbiosa, passanti verso il basso a sabbie e/o ghiaie in matrice sabbioso-limosa e quindi al substrato argillo-marnoso.

Una stima del coefficiente di permeabilità è ottenuta da prove penetrometriche statiche attraverso la relazione di Piacentini e Righi:

$$K \text{ (m/s)} = 10^{- (165/fr + 160 R_p/fr^{3,5})}$$

dove R_p è la resistenza alla punta media nello strato considerato e fr è il rapporto tra R_p e R_I

Il coefficiente di permeabilità medio per i litotipi prevalentemente argilloso-limosi è attorno a $10^{-6}/10^{-7}$, mentre per i litotipi limoso-sabbiosi varia da 10^{-5} a 10^{-7} , associabile in ogni caso a terreni con grado di permeabilità basso e drenaggio povero e dove la presenza della frazione sabbiosa determina locali aumenti della permeabilità in cui si possono instaurare livelli idrici, discontinui (cfr. Tabella 6 tratta da "*Dipartimento di Ingegneria Civile-Sezione Geotecnica, Università degli Studi di Firenze, J. Facciorusso, C. Madiati, G. Vannucchi – Dispense di Geotecnica – Capitolo Idraulica dei Terreni -2006*").

Il coefficiente di permeabilità medio per le sabbie e le ghiaie oscilla attorno a 10^{-3} m/sec, associabile a terreni con grado di permeabilità alto e drenaggio buono.

Per ciò che riguarda il substrato argillo-marnoso, la letteratura fornisce valori del coefficiente di permeabilità di 10^{-9} , caratteristico di materiali impermeabili.

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Tabella 10 – Condizioni di drenaggio e tipo di terreno

Al termine dell'esecuzione delle indagini è stato rilevato il livello della falda superficiale a profondità comprese tra 6 e 9 metri dal p.c., in corrispondenza del litotipo limoso-sabbioso (novembre 2023).

Questa falda non è in continuità verticale con la falda rilevabile in corrispondenza del banco di sabbia e/o ghiaia, raggiungibile a profondità di 15/17 metri dal p.c. (novembre 2023).

4. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi dei dati pluviometrici consente, attraverso metodi statistici di elaborazione (metodo di Gumble), di ottenere le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni (h) in funzione della loro durata (t), per un dato tempo di ritorno.

L'equazione che collega queste due variabili, nota come curva segnalatrice di possibilità climatica o pluviometrica, ha la seguente forma:

$$h \text{ (mm)} = at^n$$

dove a = variabile in funzione del tempo di ritorno

 n = costante per un dato valore di t

durata assegnata (t), per un dato tempo di ritorno.

I dati pluviometrici necessari sono stati reperiti negli Annali Idrologici a cura del Centro Funzionale Multirischi per la Meteorologia, l'Idrologia e la Sismologia della Regione Marche, per il periodo 1991-2022.

I dati sono riferiti, per il periodo 1991-2007 alla stazione di misura di Senigallia, bacino nella zona di pianura tra Misa ed Esino, mentre per il periodo 2008-2021 alla stazione di misura di Senigallia nel bacino del Misa.

La stazione di misura di Senigallia bacino nella zona di pianura tra Misa ed Esino ha le seguenti caratteristiche:

- tipo apparecchio: pluviometro registratore quota sul mare s.l.m.: 5 m
- altezza dell'apparecchio sul suolo: 1,80 m
- anno di inizio delle osservazioni: 1924.

La stazione di misura di Senigallia bacino nel Misa ha le seguenti caratteristiche:

- tipo apparecchio: pluviometro in telemisura quota sul mare s.l.m.: 6 m
- altezza dell'apparecchio sul suolo: 2,00 m
- anno di inizio delle osservazioni: 2008.

Località: Senigallia					
1991	33,8	44	57,4	65,4	67,2
1992	16	20	23,2	35,8	53,2
1993	22,6	27,4	28	31,4	41,6
1994	43,8	53	53	58,4	69,2
1995	18,4	44,2	61,4	62	62,2
1996	20,4	23,4	29,8	43,2	65,2
1997	14,4	21,6	29,8	39	54,8
1998	10,4	20	30,4	47,8	64
1999	28,4	54,4	70,4	85	85,6
2000	40	42,8	43	48	49,4
2001	17,8	18,2	21,2	29,8	36,2
2002	41,4	50,8	53,8	54,4	63,6
2003	18,2	20	22	34,8	36,2
2004	12,6	17,2	21,8	22,6	29
2005	27,4	41	61,2	81	89
2006	35	85,4	94,2	94,2	128,8
2007	14	17	19,4	30	33
2008	24,9	43,2	51,8	55,3	67,5
2009	73,4	73,8	73,8	77,8	77,8
2010	29,8	46,2	43,8	58,6	65,8
2011	20,2	28,2	36,2	43,6	65,6
2012	36,6	63,8	66	89,2	98,2
2013	54,2	58,2	65,6	66	66
2014	59,2	60,4	76,4	84,2	84,2
2015	24	37,4	47,6	73,2	116,6
2016	28,6	32	44,8	59,6	68,8
2017	35,4	61,6	70	79,6	91,6
2018	31,2	36	46,4	49,2	57,2
2019	45,2	57,8	59,4	59,4	92,4
2020	24,8	28,6	38,6	40,4	59,8
2021	24,8	46	58,8	71,4	77,2

Tabella 11 - Dati pluviometrici 1991- 2021

L'analisi delle curve di possibilità pluviometrica è stata condotta prendendo come dati di progetto le altezze massime di pioggia annuali con dura di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, per un periodo di osservazione di 31 anni, successivamente ordinati ed elaborati con procedure statistiche.

Stimata l'altezza pluviometrica dell'evento meteorico più gravoso per un determinato tempo di ritorno, si è proceduto al ragguaglio della pioggia, vale a dire nel calcolo di un fattore moltiplicativo, variabile da 0 a 1, che tiene conto del fatto che l'altezza

di precipitazione tende a diminuire all'aumentare dell'area interessata dall'evento meteorico.

L'altezza di precipitazione misurata dalla stazione pluviometrica è, infatti, un dato puntuale e va quindi corretto in funzione dell'area sulla quale si considera distribuito l'evento piovoso.

N=	31	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		29,89	41,08	48,36	57,11	68,29
$\sigma(h_t)$		14,45	18,02	19,28	19,65	22,95
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0,09	0,07	0,07	0,07	0,06
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		23,39	32,98	39,68	48,26	57,96

Tabella 12 – Valori per ciascuna durata t della media $\mu(h_t)$ dello scarto quadratico medio $\sigma(h_t)$ e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo “EV1”)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	hmax =	48,74	64,58	73,50	82,73	98,21
30 anni	hmax =	61,52	80,50	90,54	100,09	118,49
50 anni	hmax =	67,35	87,77	98,32	108,02	127,75
100 anni	hmax =	75,22	97,57	108,82	118,72	140,24
200 anni	hmax =	83,05	107,34	119,27	129,37	152,68

Tabella 12.1 – Altezza massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$		
10 anni	→	$h = 49,615 \times t^{0,2143}$	
30 anni	→	$h = 62,714 \times t^{0,1989}$	
50 anni	→	$h = 68,698 \times t^{0,1937}$	
100 anni	→	$h = 76,744 \times t^{0,1878}$	
200 anni	→	$h = 84,823 \times t^{0,183}$	

Tabella 12.2 – Legge di pioggia

Le procedure di calcolo hanno quindi restituito altezze di pioggia, per vari tempi di ritorno ed eventi piovosi di durata >1 ora, come da Tabelle 12 precedenti e le curve di possibilità pluviometrica nel grafico della Figura 5.

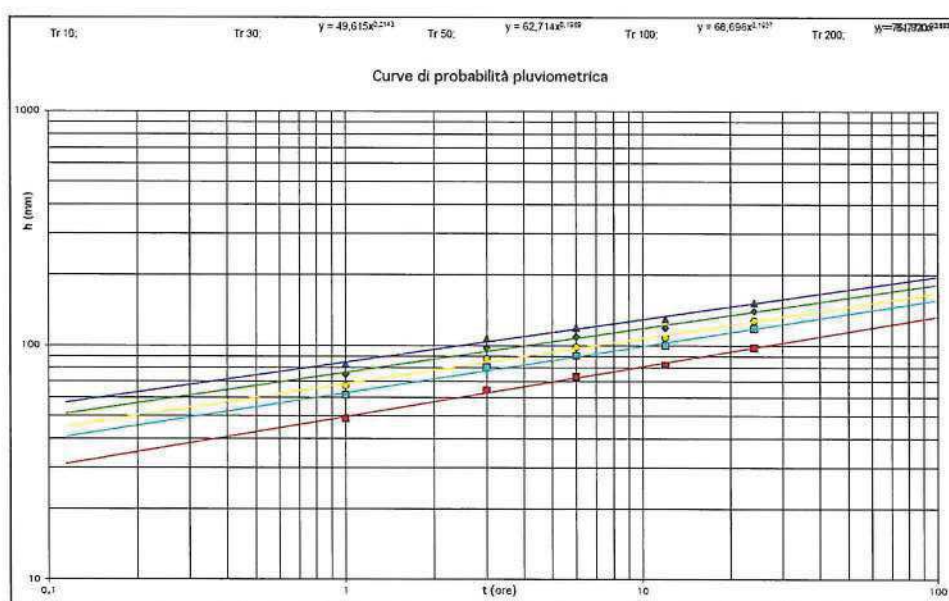


Figura 5 – Curve di possibilità pluviometrica

Attraverso il metodo di Gumbel, è stato quindi possibile ricavare le stime dei parametri a e n che descrivono la curva segnalatrice di possibilità o pluviometrica per durate di precipitazione corrispondenti al tempo di corrvazione critico per l'area da trasformare, per un tempo di ritorno pari a 30 anni.

5. CALCOLO DEI VOLUMI DI COMPENSAZIONE

Il criterio adottato per la stima dei volumi minimi d'invaso si basa su quanto specificato alla lettera a) del punto 3.4 della delibera citata in premessa e sulla lettera a) del paragrafo B.3 delle linee guida citate in premessa, come da calcolo seguente.

Pertanto è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti della seguente formula, riportata nelle norme richiamate al paragrafo 1.:

$$W = W^{\circ} (\varphi / \varphi^{\circ})^{(1/(1-n))} - 15 I - W^{\circ} P$$

$W^{\circ} = 50$ mc/ha, volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione

φ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione convenzionalmente riferito alla relazione $\varphi = 0,9 \text{ Imp} + 0,2 \text{ Per}$

φ° = coefficiente di deflusso prima della trasformazione convenzionalmente riferito alla relazione $\varphi^{\circ} = 0,9 \text{ Imp}^{\circ} + 0,2 \text{ Per}^{\circ}$

$n = 0,1989$ (esponente delle curve di possibilità climatica di durata superiore a 1 ora)

15 = 15mc/ha rappresenta convenzionalmente il volume disponibile per la laminazione superfici impermeabili e permeabili diverse dall'agricola

I = percentuale di superficie trasformata

P = percentuale di superficie inalterata

Il volume così ricavato va moltiplicato per la superficie di riferimento rispettivamente dell'Area N°1 e N°2.

CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA AREA N°1**ANTE OPERAM**

$$\text{Superficie fondiaria} = 8.505,16$$

$$\text{Superficie impermeabile esistente} = 0,00$$

$$\text{Imp}^\circ = 0,00$$

$$\text{Superficie permeabile esistente} = 8.505,16$$

$$\text{Per}^\circ = 1,00$$

$$\text{Imp}^\circ + \text{Per}^\circ = 1,00$$

POST OPERAM

$$\text{Superficie impermeabile di progetto} = 2.699,51$$

$$\text{Imp} = 0,32$$

$$\text{Superficie permeabile progetto} = 5.805,65$$

$$\text{Per} = 0,68$$

$$\text{Imp} + \text{Per} = 1,00$$

INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA

$$\text{Superficie trasformata/livellata} = 8.505,16$$

$$I = 1,00$$

$$\text{Superficie agricola inalterata} = 0,00$$

$$P = 0,00$$

$$I + P = 1,00$$

COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE E POST OPERAM

$$\phi^\circ = 0,9 \times \text{Imp}^\circ + 0,2 \times \text{Per}^\circ = 0,9 \times 0,00 + 0,2 \times 1,00 = 0,20 \quad \phi^\circ$$

$$\phi = 0,9 \times \text{Imp} + 0,2 \times \text{Per} = 0,9 \times 0,32 + 0,2 \times 0,68 = 0,42 \quad \phi$$

VOLUME MINIMO DI INVASO

$$w = w^\circ \left(\frac{f/f^\circ}{(1-n)} \right) - 15 \quad I - w^\circ P$$

$$= 50 \times 4,21 - 15 \times 1,00 - 50 \times 0,00 = 195,35 \quad \text{mc/ha}$$

$$W = w \times \text{Superficie fondiaria}$$

$$(\text{ha}) = 195,35 \times 8.505 : 10.000 = 166,15 \text{ mc}$$

CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA AREA N°2**ANTE OPERAM**

$$\text{Superficie fondiaria} = 3.956,56$$

$$\text{Superficie impermeabile esistente} = 0,00$$

$$\text{Imp}^\circ = 0,00$$

$$\text{Superficie permeabile esistente} = 3.956,56$$

$$\text{Per}^\circ = 1,00$$

$$\text{Imp}^\circ + \text{Per}^\circ = 1,00$$

POST OPERAM

$$\text{Superficie impermeabile di progetto} = 1.045,96$$

$$\text{Imp} = 0,26$$

$$\text{Superficie permeabile progetto} = 2.910,60$$

$$\text{Per} = 0,74$$

$$\text{Imp} + \text{Per} = 1,00$$

INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA

$$\text{Superficie trasformata/livellata} = 3.956,56$$

$$I = 1,00$$

$$\text{Superficie agricola inalterata} = 0,00$$

$$P = 0,00$$

$$I + P = 1,00$$

COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE E POST OPERAM

$$\phi^\circ = 0,9 \times \text{Imp}^\circ + 0,2 \times \text{Per}^\circ = 0,9 \times 0,00 + 0,2 \times 1,00 = 0,20 \quad \phi^\circ$$

$$\phi = 0,9 \times \text{Imp} + 0,2 \times \text{Per} = 0,9 \times 0,26 + 0,2 \times 0,74 = 0,39 \quad \phi$$

VOLUME MINIMO DI INVASO

$$w = w^\circ \left(\frac{f}{f^\circ} \right)^{(1/(1-n))} - 15 I - w^\circ P = 50 \times 3,52 - 15 \times 1,00 - 50 \times 0,00 = 161,22 \text{ mc/ha}$$

$$W = w \times \text{Superficie fondiaria (ha)} = 161,22 \times 3.957 : 10.000 = 63,79 \text{ mc}$$

6. SCELTE PROGETTUALI PER GARANTIRE L'INVARIANZA IDRAULICA

L'analisi per la valutazione dell'invarianza idraulica conseguente alla trasformazione dell'area in concessione al Comune, condotta in ottemperanza alla DGR n.53/2014 e relative linee guida, ha portato a individuare il volume minimo di accumulo necessario al mantenimento dell'invarianza stessa, pari a 166,15 m³ per l'Area N°1 e 63,79 m³ per l'Area N°2.

La soluzione adottata ai fini dell'invarianza prevede l'utilizzo di sistemi modulari geocellulari, come indicato nelle linee guida della D.G.R. n°53 del 27/01/2014.

Si tratta di moduli componibili in polipropilene, i quali grazie alla loro elevata capacità di detenzione, consentiranno di creare sotto il terreno una struttura in grado di contenere grandi quantitativi di acqua meteorica e di permetterne, dilazionandola nel tempo, il graduale rilascio per infiltrazione nel terreno.

I moduli componibili, avranno una struttura reticolare, saranno autoportanti e resistenti ai carichi stradali e inoltre esternamente e intorno all'intero sistema sarà posto uno strato filtrante in geotessuto per evitare la penetrazione di sostanze nocive nel terreno e nella falda.

I bacini saranno ubicati nell'area a valle delle zone da edificare, dove la falda è sufficientemente profonda, circa 6/9 metri dal piano di campagna e tale da permetterne l'utilizzo e dimensionato in funzione della forma dei moduli della ditta produttrice prescelta.

7. PIANO DI MANUTENZIONE

Per mantenere l'efficienza del bacino di infiltrazione occorre seguire una serie di precauzioni, come l'installazione di sistemi di trattenimento del fogliame per le caditoie e la realizzazione dei bacini in zone non troppo vicine a piante d'alto fusto con radici di grandi dimensioni.

Si raccomanda inoltre l'ispezione e la pulizia almeno due volte l'anno, da fare preferibilmente in primavera e in autunno; in casi di eventi meteorici eccezionali si consiglia di provvedere a un controllo con eventuale pulizia dei bacini e in ogni caso secondo le modalità d'uso della ditta produttrice dei moduli.