

COMUNE DI CALTANISSETTA Comune di Caltanissetta	E
Protocollo N.0077589/2023 del 20/07/2023	

allegato si trasmette lo studio di invarianza idraulica. Distinti saluti

Ing. Gaetano Corvo

Via Malta n.5

Caltanissetta

Mail: corvo47gaetano@gmail.com

Pec: gaetano.corvo @ingpec.eu

Caltanissetta 20 luglio 2023

Oggetto: **Conferenza di pianificazione**, variante al PRG da zona E2 verde agricolo dei feudi a zona F13 attrezzature socio assistenziali. Trasmissione studio di invarianza idraulica

Con riferimento alla nota n. 76\74/2023 del 17 luglio 2023 si trasmette lo studio di invarianza idraulica richiesta in sede della conferenza di pianificazione.

Il Tecnico Gaetano Corvo



COMUNE DI CALTANISSETTA

**RICHIESTA DI VARIANTE URBANISTICA
DA ZONA "E" AGRICOLA A ZONA "F13" ATTREZZATURE SOCIO-
ASSISTENZIALI**

Associazione ASFA ONLUS

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA

Caltanissetta 20 luglio 2023



IL TECNICO

Ing. Gaetano Corvo

PREMESSA

Il presente studio di compatibilità idraulica illustra in sintesi i seguenti aspetti di natura idraulica:

1. Invarianza idraulica del sito;
2. Stima del coefficiente di afflusso/deflusso in sito;
3. Calcolo della portata di piena del bacino sotteso nell'area di interesse;
4. Calcolo e disposizione in layout di un sistema di infiltrazione della risorsa idrica;

Lo studio è stato redatto in conformità a quanto prescritto nel D.D.G. 102/2021 dell'ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE - Dipartimento Regionale dell'Urbanistica - Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia.

Il detto D.D.G 102/2021 costituisce il riferimento tecnico e normativo per l'applicazione del “**principio di invarianza idrologica e idraulica**” nell'ambito dei piani particolareggiati attuativi del Piano Urbanistico Generale (PUG) nonché dei regolamenti edilizi dei Comuni siciliani.

La norma, attraverso l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica, intende razionalizzare il deflusso delle acque meteoriche verso le reti di drenaggio (naturali e artificiali) e ridurre il rischio idraulico nel territorio. L'invarianza idraulica ed idrologica rappresentano gli obiettivi per mantenere invariato il bilancio idraulico e idrologico di un territorio in trasformazione, a causa della perdita di permeabilità, e per scongiurare il rischio di inondazione a valle e/o nei dintorni delle aree trasformate. Per contrastare tale fenomeno, ogni trasformazione urbanistica o edilizia che provochi una variazione di permeabilità superficiale, dovrà prevedere specifici interventi di mitigazione e compensazione volti a mantenere costante il coefficiente udometrico, secondo il “principio dell'invarianza idraulica e idrologica”, utilizzando misure sostenibili e naturali di ritenzione e infiltrazione delle acque pluviali.

Nell'applicazione della norma suddetta, sono stati seguiti i criteri del punto A dell'Allegato 2 (A1-A2-A3-A4).

ASFA ONLUS COMUNE CALTANISSETTA
Cariante urbanistica da zona agricola a zona F13 attrezzature socio-assistenziali
STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA IDROLOGICA
UBICAZIONE DEL PIANO URBANISTICO ESECUTIVO

L'area oggetto del Piano Urbanistico Esecutivo (PUE) è localizzata nel territorio comunale di Caltanissetta in contrada "Melate" periferia ovest della zona industriale esistente nei pressi della stazione ferroviaria di San Cataldo scalo.

2



Figura 1 ORTOFOTO DELLA ZONA OGGETTO DI STUDIO

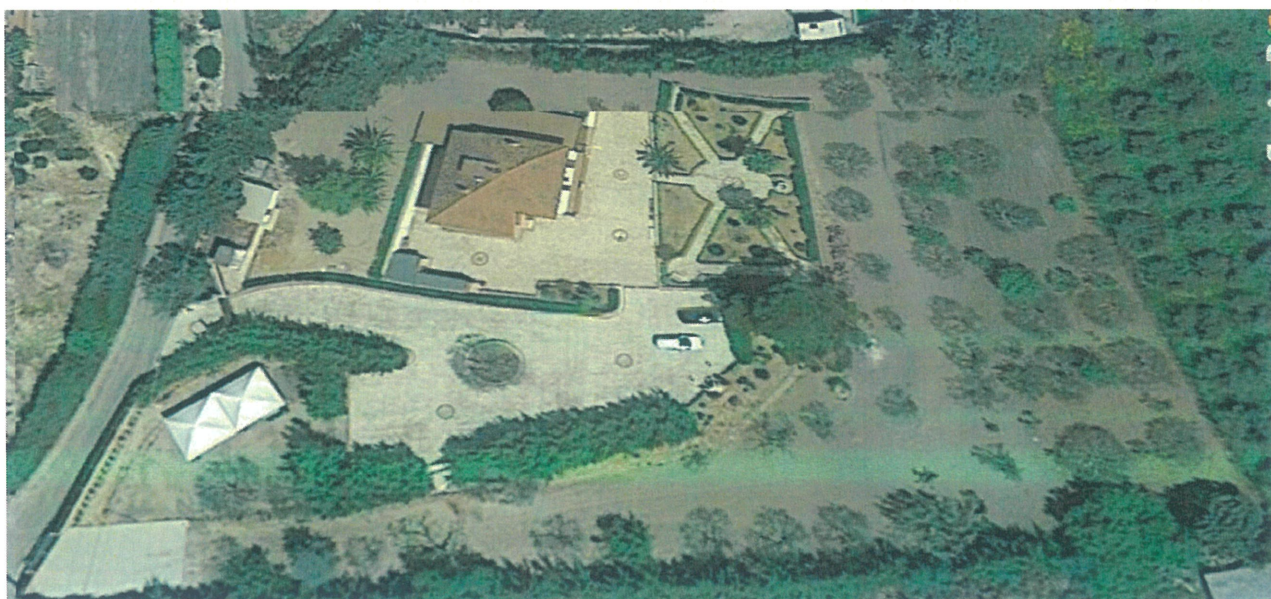


Figura 2 ORTOFOTO DELL'AREA OGGETTO DELLA VARIANTE URBANISTICA

3

Per evitare effetti negativi sul coefficiente di deflusso delle superfici impermeabilizzate, ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica della medesima trasformazione. Il principio dell'invarianza idraulica per ogni trasformazione del territorio prevede di adottare misure compensative nel caso di una modifica in diminuzione della permeabilità delle superfici interessate. Nel caso specifico della realizzazione di edifici e strade, l'impermeabilizzazione del territorio riguarda esclusivamente i manufatti in cemento o asfalto, in particolare le strade e i manufatti in cemento dalla copertura impermeabile.

Per l'invarianza idraulica, bisogna determinare le eventuali variazioni del “coefficiente di deflusso”, cioè di quella quota percentuale di acqua meteorica che ruscella sulla superficie del lotto in condizioni “*ante – operam*” e “*post-operam*”; minore è la variazione di questo coefficiente, più sono rispettati i principi di invarianza idraulica.

Nell'ipotesi in cui il coefficiente di deflusso varia in maniera non significativa, vedi riferimento all'art.2 comma 5 del D.D.G. 102/2021 dell'ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE - Dipartimento Regionale dell'Urbanistica - Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia il quale recita: ***“Modifica significativa di permeabilità: si considera significativa la variazione di permeabilità quando la superficie di trasformazione urbanistica, che includa aree permeabili ed impermeabili, superi il valore complessivo di 1 ha (un ettaro) e/o la variazione del coefficiente di deflusso successivo alla trasformazione sia superiore al 50% di quello preesistente.”*** sarà dunque necessario progettare le opere idrauliche tali da mantenere inalterato il “coefficiente idrometrico” dell'area come era in condizioni “*ante operam*” utilizzando dei metodi semplificati. La stima del “coefficiente di deflusso” è propedeutica per i calcoli che seguiranno. Per stima del coefficiente di afflusso/deflusso Per precipitazione efficace s'intende la frazione della precipitazione complessiva, non trattenuta dal terreno e dalla vegetazione, che partecipa alla formazione del deflusso superficiale. Il rapporto fra precipitazione efficace e precipitazione lorda prende il nome di “coefficiente di afflusso”. Il valore della precipitazione efficace dipende principalmente da tre fattori:

- il grado di saturazione del terreno superficiale al momento del verificarsi dell'evento meteorico: maggiore e il grado di saturazione, legato ad eventi meteorici precedenti, minore e la capacità del terreno di assorbire altra acqua

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA IDROLOGICA

e di conseguenza maggiore e la frazione del volume d'acqua precipitato che va ad alimentare il deflusso superficiale;

- la permeabilità delle litologie superficiali: ovviamente una maggiore permeabilità favorisce l'infiltrazione dell'acqua meteorica, comportando una conseguente diminuzione del deflusso superficiale;
- l'uso del suolo: la destinazione del suolo influisce notevolmente sul volume del deflusso superficiale: una fitta copertura vegetale, per esempio, tende a diminuirlo, un'intensa urbanizzazione, diminuendo la permeabilità superficiale del terreno, tende viceversa ad aumentarlo.

Per la determinazione del coefficiente di afflusso si calcola la media ponderale dei coefficienti di afflusso in base ai valori, del coefficiente di deflusso φ , tabellato al punto A.4. del suddetto Decreto:

- *Superfici impermeabili* 1,0
- *Pavimentazioni drenanti e semipermeabili* 0,7
- *Aree permeabili* 0,3
- *Incolta e uso agricolo* 0,0

ANTE OPERAM

Area totale dell'area oggetto della variante al P.R.G.: **mq 6.780**

CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI	
Tipologia di opera	Superfici (m ²)
Edificio esistente compreso pertinenze	310
Strade asfaltate e piazzale impermeabile	1.428
Sommano le aree impermeabili	1.738
Aree ad aiuole	1.000
Aree a verde agricolo	4.042
Valore del coefficiente di afflusso medio ponderale ante operam φ_m	0,254

POST OPERAM

I manufatti che alterano il valore della permeabilità in fase post operam non ne sono previsti atteso che allo stato trattasi di una variante di destinazione d'uso dell'immobile da residenziale ad attrezzatura socio sanitaria con modifiche da eseguirsi all'interno dell'immobile per adattarlo agli standards richiesti dalla nuova destinazione.

Tuttavia il P.R.G prescrive per la zona F13: " All'interno di tali zone è ammessa la realizzazione di attrezzature socio assistenziali di qualsiasi natura, non vengono previsti parametri edilizi, al fine di agevolarne l'edificazione."

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA IDROLOGICA

Pertanto non si esclude a priori che in seguito potranno eseguirsi lavori di ampliamento dell'immobile con eventuale aumento delle zone impermeabili. In definitiva post operam avremo le stesse caratteristiche delle superfici precedenti tranne che per le aiuole che si considerano permeabili compattate con un valore di $\varphi = 0,30$.

5

CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI	
Tipologia di opera	Superfici (m ²)
Edificio esistente compreso pertinenze	310
Strade asfaltate e piazzale impermeabile	1.428
Sommano le aree impermeabili	1.738
Aree permeabili aiuole	1.000
Aree a verde agricolo	4.042
Valore del coefficiente di afflusso medio ponderale a operam φ_m	0,300

- Per gli edifici esistenti e di progetto impermeabili il valore del coefficiente di deflusso viene assunto pari a $\varphi = 1$ (come da tabella del citato D.D.G.102).
- Per la viabilità interna, i piazzali esistenti e la superficie coperta dell'edificio, il valore del coefficiente di deflusso viene assunto pari a $\varphi = 1$ (come da tabella) cioè impermeabile
- Per le aree a verde agricolo si adotta il valore tabellare di 0,00. Per le aree ad ad aiuole, seppure è vero che esse sono ipoteticamente permeabili, tuttavia si ipotizza che siano soggette, a causa di lavorazione, a "compattazione" che ne altera il valore di permeabilità: per queste aree si adotta cautelativamente il valore di $\varphi = 0.3$.

Considerato quanto sopra, rapportando i rispettivi coefficienti di deflusso alle rispettive aree "pesate", avremo che la "media ponderata" del coefficiente di deflusso post operam di $\varphi = 0,300$.

Il coefficiente di deflusso è dunque variato dalla condizione "*ante operam*" a "*post operam*" dal valore 0,254 al valore 0,300, **il suo incremento percentuale è pari a $\varphi_m = 0,181\%$.**

Ai sensi della normativa sono dunque giustificabili metodologie di calcolo semplificate per il dimensionamento delle opere di correzione dell'invarianza.

CALCOLI IDROLOGICI (ALLEGATO 2 – A.2.)

Come detto in precedenza, l'area dell'intervento è pari a 6.780 mq. Al fine della determinazione dei parametri pluviometrici a e n , è stato effettuato una organizzazione dei dati pluviografici della Stazione di Caltanissetta (stazione

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA IDROLOGICA

pluviometrica più vicina) secondo i dati disponibili reperiti nel sito ufficiale della Regione Sicilia (Annali idrologici) in una griglia avente i dati delle portate massime osservate in funzione delle ore 1,3,6,12,24 per ogni anno osservato (Tp = 30 anni).

- Analisi statistica dei dati pluviografici secondo il Metodo di Gumbel e relativa “Curva segnalatrice di possibilità pluviometrica”; I risultati sono output tramite apposito software.

DATI PLUVIOGRAFICI

Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1,3,12,24 ore consecutive

Stazione di Caltanissetta -S. Cataldo-Pietraperzia

Quota m (s.l.m.) 597- 570-467 Numero di osservazioni N=30

Anno	T = 1 ora h (mm)	T = 3 ore h (mm)	T = 6 ore h (mm)	T = 12 ore h (mm)	T = 24 ore h (mm)
1989	12,40	12,40	20,00	29,80	45,20
1990	21,80	22,20	24,00	25,40	26,80
1991	75,00	94,00	162,00	207,80	221,80
1992	22,80	31,80	38,60	54,20	69,20
1993	21,80	39,40	39,40	40,00	53,20
1994	19,20	33,40	44,20	48,40	48,40
1995	17,40	18,00	18,00	25,00	32,40
1996	90,80	94,20	94,20	94,40	94,60
1997	32,40	48,20	81,60	82,00	99,80
1998	12,60	23,00	35,40	40,60	40,60
1999	24,40	24,40	24,40	25,00	38,60
2000	59,40	85,60	86,20	86,20	86,20
2001	9,80	20,20	29,80	31,80	39,20
2002	11,00	13,60	19,80	21,60	26,00
2003	22,00	32,00	51,00	54,80	59,20
2004	20,20	23,40	29,00	28,60	51,40
2005	55,20	62,00	71,00	82,40	89,00
2006	25,00	28,00	29,40	32,40	35,00
2007	16,00	22,60	26,00	28,00	28,80
2008	34,20	50,80	61,80	77,60	85,20
2009	52,00	58,00	58,00	59,40	65,40
2010	30,40	39,00	50,80	62,00	62,20
2011	42,80	42,80	42,80	42,80	42,80
2012	36,00	43,00	43,00	45,00	61,60
2013	42,60	43,00	43,00	43,00	55,60
2014	26,00	26,40	26,40	43,00	49,20
2015	45,20	47,20	47,40	54,40	78,20
2016	22,00	46,00	48,00	48,60	48,60
2017	21,40	25,40	26,80	27,20	31,60
2018	49,60	88,60	102,20	102,40	114,60

ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI (Metodo Gumbel)

Tabella 1 Valori per ciascuna durata t della media μh_t dello scarto quadratico medio σh_t e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N = 30	t= 1 ora	t=3 ore	t=6 ore	t=12 ore	t=24 ore
μh_t	32,38	41,29	49,15	54,79	62,68
σh_t	19,42	23,36	31,02	36,63	38,09
$\alpha_t = 1,283/\sigma h_t$	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03
$U_t = \mu h_t - 0,45 \sigma h_t$	23,64	30,77	35,19	38,30	45,54

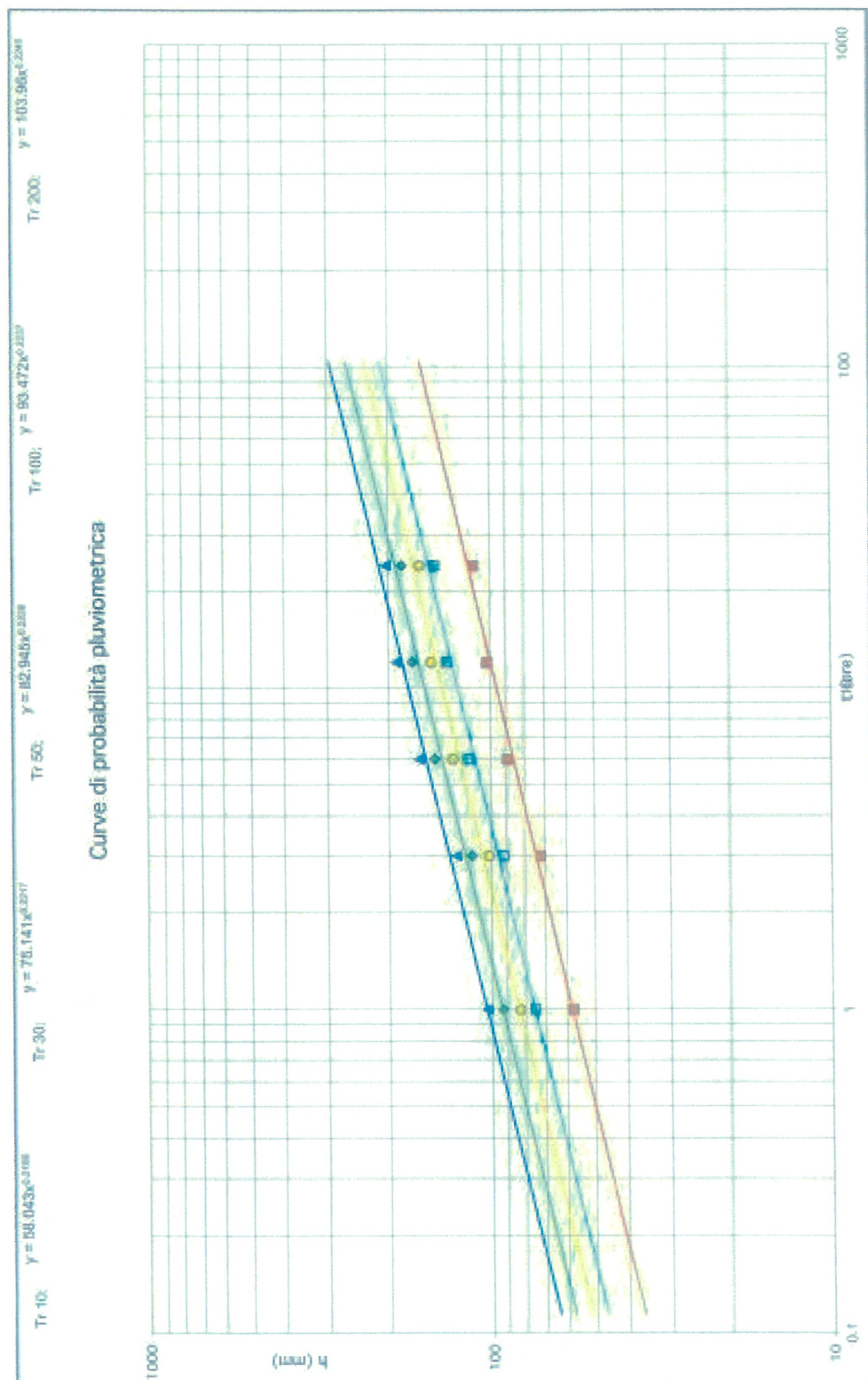
Tabella 2 – altezza massima di pioggia regolarizzate (mm)

T_r		t= 1ora	t= 3 ore	t= 6 ore	t= 12 ore	t= 24 ore
10 anni	h mm	57,71	71,75	89,61	102,55	112,35
30 anni	h mm	74,88	92,40	117,03	134,92	146,01
50 anni	h mm	82,71	101,83	129,54	149,70	161,37
100 anni	h mm	93,29	114,55	146,43	169,63	182,10
200 anni	h mm	103,82	127,21	163,25	189,49	202,75

Tabella 3 –

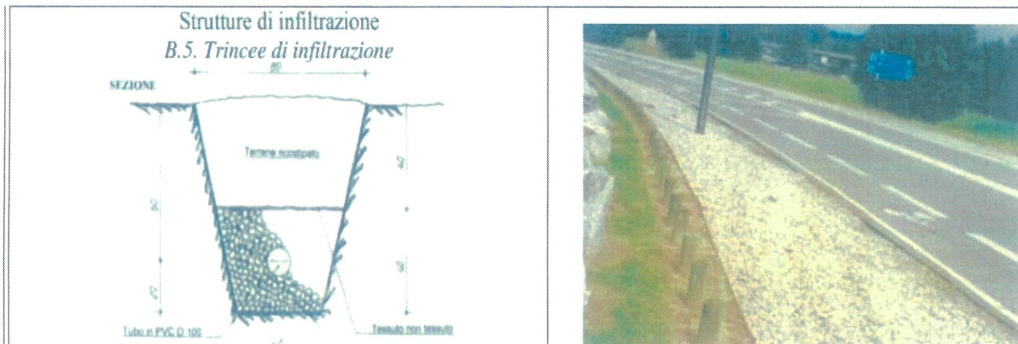
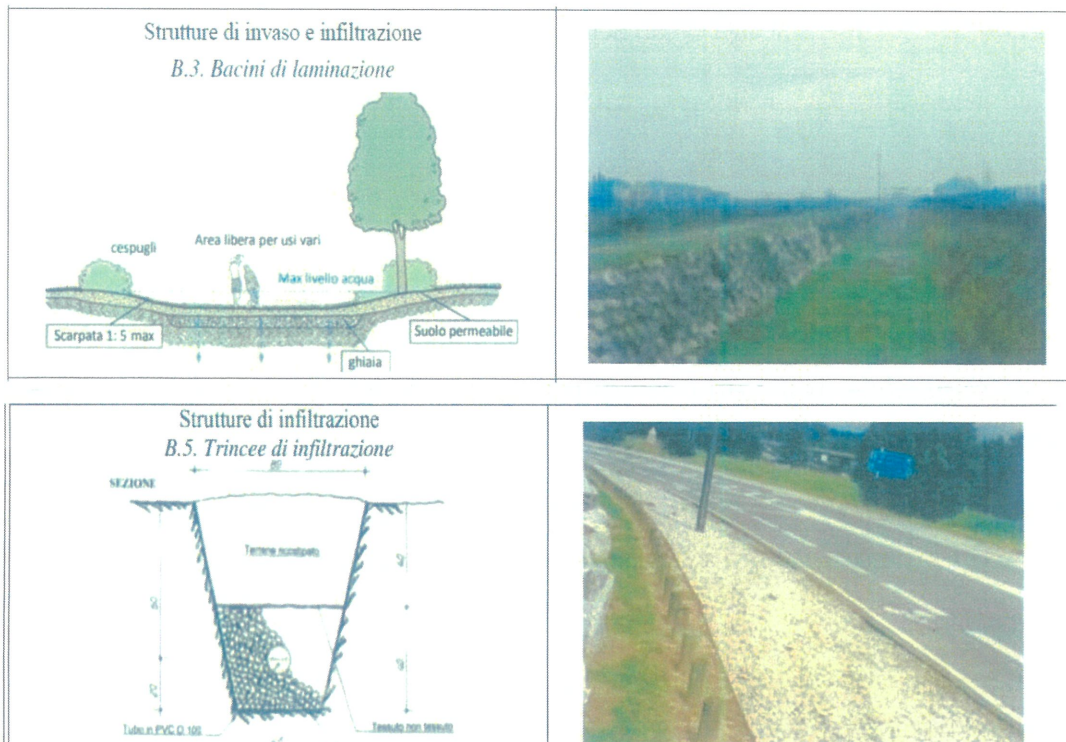
T_r	Lege di pioggia $h = a \times t^n$	
10 anni	>	$h = 58,043 \times t^{0,2186}$
30 anni	>	$h = 75,141 \times t^{0,2217}$
50 anni	>	$h = 82,945 \times t^{0,2226}$
100 anni	>	$h = 93,472 \times t^{0,2237}$
200 anni	>	$h = 103,961 \times t^{0,2245}$

ASFA ONLUS COMUNE CALTANISSETTA
 Variante urbanistica da zona agricola a zona F13 attrezzature socio-assistenziali
STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA IDROLOGICA



ASFA ONLUS COMUNE CALTANISSETTA
Cariante urbanistica da zona agricola a zona F13 attrezzature socio-assistenziali
STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA IDROLOGICA
STIMA DELLA PORTATA DI PROGETTO

Per la determinazione del dimensionamento dei volumi di ingresso e della conseguente determinazione delle opere di laminazione da realizzare sono stati utilizzati due metodi di calcolo e cioè quello **delle sole piogge nonché quello della corrivazione**, i cui risultati sono di seguito riportati; la verifica di compatibilità si ottiene progettando un “bacino di laminazione”, (sistema di Drenaggio Urbano Sostenibile – SUDS) previsto nel D.D.G. 102/2021 al punto B.3 il cui schema di massima è il seguente.



Le acque di ruscellamento recapitate in queste zone di infiltrazione si recheranno all'interno di essa tramite un sistema di “Trincee di infiltrazione” (B.5) il cui schema è sopra riportato (DDG 102- B “Tipologie costruttive per la realizzazione dei Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile”), il cui schema di massima è il seguente.

Va considerato che, seppure esse svolgono comunque una opera di infiltrazione e dunque di restituzione delle acque all'interno del terreno, il dimensionamento idraulico ai fini delle verifiche di compatibilità idraulica e idrologica è stato attribuito tutto ai “bacini di infiltrazione”; ovviamente ciò agirà a favore della sicurezza.

PIANO DI MANUTENZIONE DEL BACINO DI LAMINAZIONE

Il bacino di laminazione accoglierà le acque provenienti dalle canalette del sistema di raccolta delle acque piovane. La volumetria delle acque d'invaso del bacino dovrà essere mantenuta costante. La detta volumetria d'invaso potrebbe essere compromessa eventualmente compromessa in caso di sedimentazione di terreno e resti di vegetali dilavati dalle sponde. Pertanto dovrà essere effettuata la manutenzione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque piovane raccolte nel bacino.

Si consideri che le anomalie riscontrabili sono essere distinte in:

1. Crescita di vegetazione (erba, licheni, muschi, ecc.) sulla superficie dell'elemento o su parte di esso.
2. Deformazioni: Variazioni geometriche e/o morfologiche della superficie dell'elemento, dovute a sollecitazioni di varia natura (sovraccarico, sbalzi termici, ecc.).
3. Depositi sulla superficie dell'elemento di pulviscolo atmosferico o altro materiale estraneo (foglie, ramaglie, detriti, ecc.).
4. Errori di montaggio: errori eseguiti in fase di realizzazione che nel tempo determinano problemi comportanti scorrimenti, deformazioni, sollevamenti, pieghe, ecc.
5. Fessurazioni, estese o localizzate, sulla superficie dell'elemento, di profondità variabile tale da provocare, talvolta, distacchi di materiale.

Dovranno essere predisposti dunque controlli visivi periodici (ad inizio di cambio di stagione) con conseguenti pulizie e, nei casi più gravi, di modellazione della vasca principale di raccolta delle acque piovane provenienti dal bacino.

INDICE

1. PREMESSA

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

6.1 Metodo delle sole piogge

6.2 Metodo della corrivazione

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di che trattasi.

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di 6.780 m². Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al D.D. G. 102/2021.

Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati e, in mancanza di precise indicazioni, si farà riferimento a formulazioni consolidate in letteratura tecnica.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA

CARATTERISTICA DELLE SUPERFICI	
Superficie dell'area edificabile Z.T.O. F ₁₃ m ² 6.780	
Tipologia di opere	Superfici m ²
Impronta edificio e pertinenze	310
Strade impermeabili e piazzale	1.428
Aiuole a verde	1.000
Verde agricolo	4.042
Sommano	6.780
Valore del coefficiente di afflusso medio ponderale post operam φ_m	0,300
Incremento del coefficiente di afflusso medio ponderale 0,300-0,254/0,254	0,181

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente: "STRUTTURE DI INVASO E FILTRAZIONE" Bacino di laminazione.

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA IDROLOGICA

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili, Q_{umax} , si adotta il valore: 20,00 l/s per ha di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione. Tale portata è desunta dal D.D.G. 102/2021 allegato n. 2 punto A. 4.

5. DESCRIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Per dimensionare le opere d'invarianza idraulica, preventivamente devono essere definite le precipitazioni di progetto. A tal fine è applicato il metodo delle linee segnalatrici di pioggia a due parametri a e n , in cui i parametri a ed n vengono determinati con riferimento ad un preciso valore di tempo di ritorno, T_r , dell'evento.

L'altezza di precipitazione di progetto viene calcolata come segue:

$$h = a \cdot D^n$$

- h [mm] altezza di pioggia

- D [ore]: durata di pioggia

- n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia;

- a [mm/ora]: parametro della linea segnalatrice di pioggia.

Per durate delle precipitazioni superiori ad un'ora si adottano i valori dei parametri a e n valevoli per durate superiori ad un'ora ed inferiori a 24 ore.

Per le durate inferiori a un'ora si utilizza lo stesso parametro a , adottato per eventi di durata superiore all'ora, mentre il parametro n viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$. Per quanto riguarda al tempo di ritorno T_r adottato per la stima dei parametri, si fa riferimento a valori idonei a garantire le condizioni di sicurezza dell'opera e rispettare i valori e le indicazioni richiesti da norma, come riportato a seguito nel report dei calcoli.

6.-METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO ADOTTATI

Per ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo delle sole piogge;
- metodo della corrivazione (Alfonsi e Orsi, 1967);

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi nonché i report dei calcoli.

Tra i risultati dei metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra i valori.

6.1 Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente, massimizzando il volume accumulato. Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

Q_e [l/s]: portata media entrante

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m³] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente W_u [m³], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima Q_{umax} [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata D [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = (Q_{umax} / 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot n \cdot A)^{1/n-1}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

D_w [ore]: durata critica d'invaso

Q_{umax} [l/s]: portata uscente massima

W_0 [m³]: volume di laminazione

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA IDROLOGICA

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

 φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata D_w , tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di n valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata D_w superiore all'ora.

Se così non fosse, si deve adottare un valore di n, valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di n, ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

CALCOLO DELLA PORTATA MAX USCENTE E DEL VOLUME DI LAMINAZIONE ANTE OPERAM

TEMPO DI RITORNO $T_r = 30$ anni

Coefficiente udometrico medio u_{um}	Coefficiente di afflusso medio φ_m	Estensione dell'area in ha A	a parametro linea segnalatrice di pioggia	n Coefficiente di scala
$u_{um} = 20$ l/s	0,254	0,678	75,141	0,2217

$$Q_{umax} = u_{um} \cdot \varphi_m \cdot A / 1000 = 0,00344 \text{ m}^3/\text{s} = \text{l/s } 3,44$$

RISULTATI IN OUTPUT

D_w (h) Durata critica d'invaso	Q_{umax} (l/s) Portata uscente max	W_0 (m ³) volume di laminazione
0,196	3,44	87,73

CALCOLO DELLA PORTATA MAX USCENTE E DEL VOLUME DI LAMINAZIONE POST OPERAM

DATI DI INPUT

TEMPO DI RITORNO $T_r = 30$ anni

Coefficiente udometrico medio u_{um}	Coefficiente di afflusso medio φ_m	Estensione dell'area in ha A	a parametro linea segnalatrice di pioggia	n Coefficiente di scala
$u_{um} = 20 \text{ l/s}$	0,300	0,678	75,141	0,2217

$$Q_{umax} = u_{um} \cdot \varphi_m \cdot A / 1000 = 0,00406 \text{ m}^3/\text{s} = \text{l/s } 4,06$$

RISULTATI IN OUTPUT

D_w (h) Durata critica d'invaso	Q_{umax} (l/s) Portata uscente max	W_0 (m ³) volume di laminazione
0,159	4,06	99,337

La differenza dei due volumi di laminazione è il volume che dovrà essere
realizzato per l'invarianza idraulica
 $\text{m}^3 (99,337 - 87,73) = \text{m}^3 11,06$

6.2 Metodo della corrivazione

Per il calcolo col metodo della corrivazione si fa riferimento all'impostazione data da Alfonsi e Orsi (1967) che ipotizzano prevalenti all'interno del bacino di scolo i fenomeni di traslazione dell'acqua, piuttosto che quelli di accumulo, mediante un processo di trasformazione afflussi/deflussi del tipo cinematico. Tale metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- ietogrammi netti di pioggia ad intensità costante;
- curva aree-tempi lineare;
- svuotamento a portata costante pari a Q_{umax} , laminazione ottimale.

Per il calcolo del volume dell'invaso W_0 [m³] si adotta la seguente equazione di riferimento:

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^n + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 (D_w^{1-n} / \varphi_m \cdot A \cdot a) - 3,6 Q_{umax} \cdot D_w - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot t_c$$

W₀ [m³]: volume invasato di laminazione

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D_w [ore]: durata critica d'invaso

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

t_c [ore]: tempo di corrivazione dell'area

Q_{umax} [m³ sec]: portata uscente massima

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

Per il calcolo della durata critica dell'invaso si risolvere la seguente equazione numericamente:

$$2,78 \cdot n \cdot \varphi_m \cdot A \cdot a \cdot D_w^{n-1} + 0,36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_{umax}^2 \cdot (D_w^{-n} / \varphi_m \cdot A \cdot a) - Q_{umax} = 0$$

Per il calcolo del tempo di corrivazione si applicano le seguenti formule, i relativi risultati si mediano.

Pezzoli: $t_c = 0,55 (L/\sqrt{i}) = 0,0211$ h

Ongaro: $t_c = 0,18 \sqrt[3]{A \cdot L} = 0,0152$ h

Media = 0,0181 h

Dove:

A = area totale (estensione bacino idrografico K_m² 0,00678);

L = Lunghezza dell'asta principale in (K_m 0,09);

i = Pendenza media dell'asta in (m/m 0,055)

t_c = Tempo di corrivazione in (ore);

CALCOLO DELLA PORTATA MAX USCENTE E DEL VOLUME DI LAMINAZIONE ANTE OPERAM DATI DI IMPUT

A superficie bacino [ha]	n coefficiente di scala	a parametro linea pioggia [mm/ora ⁿ]	φ_m coefficiente d'afflusso medio ponderale	Q_{umax} Portata uscente massima [m ³ /s]	t_c Tempo di corrivazione in (ore)	Q_{umax} Portata uscente massima [l/s]
0,678	0,2217	75,141	0,254	0,00344	0,0181	3,44

RISULTATI OUTPUT

D_w [ore] durata critica d'invaso	W₀ [m ³] volume di laminazione
0,643	117,08

**CALCOLO DELLA PORTATA MAX USCENTE E DEL VOLUME DI LAMINAZIONE
POST OPERAM
DATI DI INPUT**

A superficie bacino [ha]	n coefficiente di scala	a parametro linea pioggia [mm/ora ⁿ]	φ_m coefficiente d'afflusso medio ponderale	Q_{umax} Portata uscente massima [m ³ /s]	t_c Tempo di corrivazione in (ore)	Q_{umax} Portata uscente massima [l/s]
0,678	0,2217	75,141	0,300	0,00406	0,0181	4,06

RISULTATI OUTPUT

D_w [ore] durata critica d'invaso	W₀ [m ³] volume di laminazione
0,644	138,69

La differenza tra i due volume di laminazione ante e post operam è quella da tenere in considerazione: m³ 138,69 – 117,08 = m³ 21,61

Il volume di laminazione ammissibile per l'invaso è il valore più grande tra i due valori minimi di invaso W₀, calcolati con i due metodi sopra riportati.

Il valore più alto è di m³ 21,61

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate ante operam.

8. CALCOLO DELLA PORTATA INFILTRATA E TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} è calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = W / Q_{inf}$$

W [m³]: volume invasato massimo

Q_{inf} [m³/s]: portata infiltrata

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato mediante la simulazione dinamica dell'invaso, come tempo intercorrente tra il termine dell'evento meteorico ed il tempo di completo svuotamento dell'invaso.

La portata infiltrata Q_{inf} è calcolata con la formula di darcy

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

K_{calc} (m/s): coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine. La relazione geologica riporta un valore di K compreso tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec, si adotta 10^{-4} cm/s pari a 10^{-6} m/s;

i (m/m): gradiente idraulico;

A_f (m²): Superficie di infiltrazione di calcolo

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare le reali condizioni di permeabilità a lungo termine.

Dati di input

K_{calc} (m/s)	i (m/m)	A_f (m ²)	W (m ³)
$1 \cdot 10^{-6}$	5/90=0,055	21,61/03= 72,03	21,61

Dati di output

Q_{inf} [m ³ /s]	T_{sv} (h)	Svuotamento massimo 48 h (A.3.1 D.D.G.102/2021)
0,0000039	1,54	Progetto 1,54 h < 48 h
La condizione imposta dal D.D.G 102/21 di svuotamento della vasca di laminazione entro 48 h è verificata.		
Si adotta una superficie di infiltrazione di m ² 100 con un battente idrico di m 0,30		
Con la soluzione adottata si ha: $Q_{inf}=0,0000055$; $T_{sv}= 1,095$ h < Svuoatamento Max h=48		

Sistema di scarico Tipologia di svuotamento Infiltrazione a portata costante

Portata massima scaricabile $Q_{u,max}=4,06$ l/s

Coeff. permeabilità di calcolo $K_{calc} = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s

Gradiente idraulico $i= 0,055$ m/m

Area di infiltrazione $A_f=100,00$ m².

CONCLUSIONI

- Per rispettare quanto previsto dalle norme vigenti in merito alla **“invarianza idraulica”**, è stata prevista la realizzazione in sito di un sistema misto **“bacino di laminazione”** e **“canalette drenanti”**, in conformità al D.D.G.102/2021 comma V dell'allegato 2, che così recita: **“...in alternativa o in aggiunta al volume di laminazione, si potrà valutare il volume di infiltrazione nel suolo;**
- Il bacino di laminazione è stato dimensionato in 100 mq di estensione areale con una altezza di battente idrico pari a 0.30 m.;
- Si realizzerà inoltre un sistema di canalette drenanti, con tale sistema sarà garantito il deflusso delle acque al netto dell'infiltrazione verso il bacino di laminazione.
- La valutazione delle perdite idrologiche è stata effettuata per via **“semplificata”** visto il modesto incremento ($\varphi < 50\%$) del coefficiente di deflusso medio ponderale **“post-intervento”**;
- Il tempo di osservazione pluviometrica delle piogge adoperato è pari a 30 anni;
- Il tempo di svuotamento del sistema drenante è inferiore a 48h;

Caltanissetta 20 luglio 2023

IL TECNICO

ing. Gaetano Corvo

