

Comune di POZZALLO

Provincia di Ragusa

*Studio d'Invarianza idraulica relativo alla realizzazione di un piano di lottizzazione
in un'area sita in c.da Santa Maria del Focallo, in area CT, sottozona CT1 del P.R.G.
del Comune di Pozzallo e censita in catasto al Foglio, Particelle 93, 95, 222, 674, 675,
676, 482, 88, 89, 90, 196, 199, 479, 926, 380, 86"*



STUDIO DI GEOLOGIA

Dr. Paolo Mozzicato

Dr. Giuseppe Giudice

Committenti:

*DISTEFANO MARCO, DISTEFANO SILVANA, SAIJA PIETRO,
CAMPANELLA CARMELO, MACAUDA ROSA, CATAUDELLA
GIORGIO, MATTIOLI SANTA*

I Geologi

Dott. Mozzicato Paolo

Dott. Giudice Giuseppe

1.0 PREMESSA

Su incarico conferito dalla Ditta "DISTEFANO MARCO, DISTEFANO SILVANA, SAIJA PIETRO, CAMPANELLA CARMELO, MACAUDA ROSA, CATAUDELLA GIORGIO, MATTIOLI SANTA", i sottoscritti, Geol. Dott. Paolo Mozzicato iscritto all'albo dei geologi di Sicilia al n. 2128 e Geol. Dott. Giuseppe Giudice iscritto all'albo dei geologi di Sicilia al n. 2192, hanno effettuato la seguente relazione avente per oggetto la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica relativi alla realizzazione di *un Piano di lottizzazione in un'area sita in C.da Santa Maria del Focallo, in area CT, sottozona CT1 del P.R.G. del Comune di Pozzallo e censita in catasto al Foglio 9, Particelle 93, 95, 222, 674, 675, 676, 482, 88, 89, 90, 196, 199, 479, 926, 380, 86.*

Il presente studio è stato condotto ai sensi del D.D.G. n. 102 del 2021. Questo costituisce il riferimento normativo e tecnico 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. L'impermeabilizzazione del territorio rappresenta la principale causa di degrado del suolo, in quanto comporta un rischio accresciuto di inondazioni, minaccia la biodiversità, provoca la perdita di fertilità nei terreni agricoli e contribuisce alla progressiva distruzione del paesaggio, soprattutto quello rurale. Tale 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 dunque gli obiettivi da raggiungere 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.

Appurata la reale necessità delle aree in trasformazione (da permeabili a impermeabili), si procederà alla verifica della possibilità di raccolta delle acque piovane (da tetti, piazzali, aree/canali di scolo) da riutilizzare nella stessa area, tenendo conto dei reali fabbisogni idrici, degli adeguati trattamenti necessari e dei vincoli per gli usi compatibili (irrigazione, antincendio, pulizia aree esterne, ecc.).

Le soluzioni di drenaggio urbano sostenibili e di ritenzione naturale delle acque, quali l'infiltrazione nel suolo, la laminazione e lo scarico in corpo idrico superficiale, suolo o fognatura, andranno dunque studiate solo a seguito delle precedenti verifiche (limitazione delle aree impermeabili e riuso locale). Per ognuna delle soluzioni progettuali proposte, dovrà anche essere elaborato un piano di manutenzione delle opere (idrauliche e agro-forestali).

In ogni caso, dovrà altresì essere verificato che la portata scaricata dall'area trasformata, nel corpo idrico ricettore o nel collettore fognario, non pregiudichi l'esistente capacità di trasporto idraulico rispettandone i parametri di sicurezza ("franco idraulico") ed i limiti di qualità delle acque. Ai fini della presente relazione risulta necessario definire le superfici che vengono interessate dalla realizzazione dell'intervento in oggetto indicato, al fine di pervenire al corretto coefficiente di deflusso da attribuire alle singole aree *post-operam*.

L'area interessata dal progetto è attualmente a fondo naturale permeabile, come indicato in premessa, si prevede la realizzazione di un complesso ricettivo turistico a gestione unitaria e sistemazione esterni di pertinenza, per cui si considera che, ai fini del presente studio, la trasformazione delle aree interessate dai fabbricati e opere accessorie, sia totale.

2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-MORFOLOGICO DELL'AREA

L'area oggetto di studio ricade nel territorio del comune di Pozzallo in c.da Grottelle e risulta censita in catasto al Foglio n° 9, p.lle 380, 86, 926, 88, 196, 89, 199, 90, 479, 482, 676, 675, 674, 95, 93, 222.

Da un punto di vista geografico l'area oggetto di studio risulta inclusa nella tavoletta Pozzallo II SE del Foglio 276 della Carta d'Italia in scala 1:25000 edita dall'Istituto Geografico Militare.



Fig.1: ubicazione area in studio

Tale area si trova ad una quota compresa tra 8,0 e 22,0 metri s.l.m. e, sotto il profilo morfologico, presenta delle caratteristiche strettamente legate ai rapporti instauratisi nel tardo Pleistocene tra facies continentale e facies marina lungo tutta la fascia costiera della Sicilia sud-orientale da S. Maria del Focallo a Vendicari.

Nel passato, infatti, la facies marina si addentrava fino a lambire la facies collinare interna, formando seni, rade e golfi in facies litorale sia emersa che sommersa. Per accumulo e colmamenti progressivi parte dell'area è quindi emersa, racchiudendo al suo interno zone più depresse divenute pantani, stagni ed acquitrini in relazione alla loro profondità ed alle oscillazioni della piezometrica della falda superficiale (Pantani Arezzi e Gariffi); localmente, inoltre, l'evoluzione di barre sabbiose sommerse verso tomboli e cordoni litorali emersi ha portato a racchiudere lagune e stagni costieri, come nel caso dei pantani Gorgo salato, Cuba e Longarini.

La zona dell'entroterra immediatamente contigua alla spiaggia risulta interessata da una forte antropizzazione, data dalle pratiche agricole e dagli insediamenti stagionali a scopo turistico.

Le forme e i depositi eolici più importanti sono stati rilevati in corrispondenza della fascia costiera, costituiti prevalentemente da *dune* di varie forme e dimensioni e da *accumuli irregolari di sabbia*.

Spostandoci verso l'interno la morfologia assume il tipico aspetto collinare correlabile alla natura geologica dei litotipi affioranti (Calcareniti, Marne-calcaree, conglomerati ed Alternanza calcareo-marnoso-argillosa). Il sito presenta una condizione di *stabilità geomorfologia generale*. Tali considerazioni sono confermate dagli elaborati cartografici allegati agli strumenti programmatici di difesa del suolo redatti dalla Regione Sicilia, nello specifico dall'Assessorato Regionale al Territorio ed Ambiente. Il territorio oggetto di studio è inserito, secondo la classificazione del P.A.I. Sicilia nell'Area Territoriale tra il T. di Modica e Capo Passero (084). La cartografia relativa alla Pericolosità e Rischio Geomorfologico non riporta nessun dissesto, così come la Carta della Pericolosità idraulica non presenta vincoli (*Carta dei Dissesti n°13, Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n°13, Carta della Pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n.13*).

3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

Il territorio in studio, nel contesto geologico e stratigrafico che caratterizza la regione, si colloca nel settore occidentale dell'*Avampese Ibleo*; in particolare, esso è ubicato a cavallo del

marginale sud-orientale dell'*Altopiano Ibleo* e di parte della *Depressione tettonica di Ispica-Capo Passero*.

La zona di "Avampaese" in Sicilia è costituita dal "plateau" ibleo, affiorante nella parte sud-orientale dell'isola. L'*Avampaese Ibleo*, rappresentante l'attuale margine settentrionale della costa africana, risulta costituito da una sequenza meso-cenozoica prevalentemente carbonatica con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche, che si estende dalla *Scarpata Ibleo-Maltese* fino alle coste africane, attraverso il Canale di Sicilia (*CARBONE et Alii, 1982*).

Il sottosuolo del territorio in oggetto è composto da una successione litostratigrafica costituita in affioramento da un complesso carbonatico passante verso l'alto a marne argillose, su cui giacciono in discordanza le calcareniti, le marne limo-sabbiose e i conglomerati.

La successione litostratigrafica si può così riassumere dal basso verso l'alto (allegato n° 1 dello studio geologico a supporto del P.R.G. in scala 1:5000):

- 1) Alternanza calcarenitico-marnosa;
- 2) Marne calcaree e marne argillose;
- 3) Calcareniti, marne limo-sabbiose e conglomerati;
- 4) Depositi palustri recenti;
- 5) Alluvioni fluviali recenti ed attuali;
- 6) Spiagge attuali;
- 7) Coperture detrito-eluviale;

1) ***Alternanza calcarenitico-marnosa***. Questa unità è formata da strati di calcareniti dure grigiastre dello spessore di 30-60 cm regolarmente alternati a strati calcareo-marnosi bianco-giallastri di uguale spessore. Lo spessore in affioramento è in media 30-60 metri. È attribuibile alla porzione mediana del Mn. Irminio della F.ne Ragusa, di età *Burdigaliano-Langhiana*.

2) ***Marne calcaree e marne argillose***. Sopra l'unità descritta seguono in concordanza e in continuità di sedimentazione, le marne riferibili alla F.ne Tellaro. Trattasi di marne calcaree e marne argillose a frattura sub-concoide di colore variabile dal giallo-biancastro al grigio-azzurro. Sono riferibili al *Langhiano – Messiniano*. Affiorano nell'area di stretto interesse progettuale.

3) ***Calcareniti, marne limo-sabbiose e conglomerati***. Sui terreni descritti precedentemente si sovrappone, in lembi discontinui ed in discordanza, una unità sedimentaria che rappresenta i depositi di una delle trasgressioni marine quaternarie che hanno interessato il

settore meridionale ibleo. Lo spessore del deposito è esiguo e può raggiungere valori massimo di 5 metri. In questo livello sono presenti grumi calcarei più o meno farinosi sporadicamente ricoperti da una superficie di alterazione costituita da cemento calcareo di spessore centimetrico.

4) **Depositi palustri recenti.** Questi depositi sono costituiti da sedimenti fini limo-argillosi di origine palustre, di colore grigio e bruno, contenenti terreno humifero scuro. Spesso sono sede di intensa coltivazione. Sono riferibili all'Olocene.

5) **Alluvioni fluviali recenti ed attuali.** Le alluvioni attuali sono quelle che costituiscono il letto di magra, mentre le alluvioni recenti seguono grossomodo l'alveo di piena, ormai asciutto. Si tratta di depositi costituiti da ciottoli calcarei di dimensioni variabilissime da arrotondati a sub-arrotondati. Affiorano lungo gli alvei dei torrenti che sfociano in c.da Scaro, c.da Pietrenere e al centro dell'abitato di Pozzallo. Raggiungono uno spessore massimo fino a 5 metri circa. Sono riferibili all'Olocene.

6) **Spiagge attuali.** Si tratta di sabbie quarzose di granulometria medio-fine ed uniforme e di colore giallo-avorio. Affiorano estesamente su tutta la fascia costiera fino a S. Maria del Focallo. Sono attribuibili all'Olocene.

7) **Coperture detritico-eluviali.** Sono formate da detriti calcarei di diversa granulometria immersi in una matrice sabbiosa di colore bruno derivanti dalla degradazione in posto delle rocce affioranti. Sono distribuiti, in modo piuttosto blando e discontinuo; non sono stati però cartografati nella Carta Geologica, in quanto il loro spessore, piuttosto discontinuo, non è compatibile con la scala del rilevamento.

La tettonica che ha interessato il territorio è di tipo distensivo e ne ha caratterizzato sia l'assetto morfologico-strutturale attuale che la giacitura delle unità litologiche. La giacitura degli strati, così come è stato osservato e misurato in scavi e sezioni naturali, è prevalentemente sub-orizzontale (0° - 5°) con immersione sud e sud-est, ma con tendenza a variare in prossimità di dislocazioni tettoniche (5° - 15°).

Più in generale, allargando il raggio d'indagine, nel territorio si individuano strutture a "Graben" e ad "Horst", con direttrici principali NE-SW e subordinatamente NW-SE.

Nel sito di stretto interesse progettuale, non è stata rilevata la presenza di faglie, diaclasi od altri lineamenti tettonico - strutturali.

Così come si può evincere dalla *Carta della Pericolosità Geologica* allegata allo studio geologico a supporto del P.R.G. del Comune di Pozzallo, il sito di stretto interesse progettuale ricade in un'area senza limitazione di edificabilità in quanto *non risulta interessata da pericolosità geologiche.*

4.0 IDROGEOLOGIA

Nel presente capitolo si riferisce sulle indagini ed osservazioni eseguite in campagna e sulla elaborazione dei dati raccolti, allo scopo di individuare il tipo di circolazione idrica superficiale e profonda. Le indagini hanno pure permesso di analizzare le problematiche relative alla vulnerabilità della falda acquifera. Le indicazioni relative alla circolazione idrica sia superficiale che profonda, sono pervenute grazie ad una approfondita ricerca bibliografica e ad una accurata indagine di campagna.

Circolazione delle acque superficiali

Nell'area oggetto di studio, la rete idrografica superficiale sarebbe quasi inesistente se non si facesse riferimento ad un limitatissimo e poco esteso reticolo di rivoli da ruscellamento diffuso dove drenano le acque di ruscellamento durante i periodi di pioggia intensa e prolungata. Lo studio geomorfologico e la caratterizzazione idrogeologica ci consentono di escludere allagamenti derivanti da acque zenitali. Tutto ciò risulta confermato dagli elaborati cartografici allegati allo strumento programmatico di difesa del suolo redatto dalla Regione Sicilia, secondo i quali, l'area di stretto interesse progettuale, non risulta suscettibile di alluvionamento. Il sito oggetto di studio interessa il *P.A.I.* difesa del suolo, nel bacino Idrografico dell'Area Territoriale compresa tra il T. di Modica e Capo Passero (084) e non ricade all'interno di *Siti di Attenzione* identificati nella Carta della Pericolosità Idraulica per Fenomeni di Esondazione N°13.

Circolazione delle acque profonde

I dati acquisiti con le indagini di campagna (misure freatimetriche, acquisizione di stratigrafie di pozzi eseguiti ad hoc, dati derivanti da indagini pregresse) integrati dalla imponente mole di dati proveniente dalla pertinente letteratura (*Relazione illustrativa e allegato n°5 dello studio geologico a supporto del P.R.G. in scala 1:5000*; Carta della Vulnerabilità delle Falde Idriche - settore sud-orientale Ibleo. - A. Aureli, G. Adorni, - ISPRA) hanno permesso di definire le caratteristiche idrogeologiche dei terreni interessati dalla circolazione delle acque sotterranee.

Nel complesso, il territorio in studio, in base alle litologie affioranti, può essere inquadrato per comodità di esposizione, in due unità idrogeologiche con acquiferi che presentano caratteri idrogeologici e idrodinamici differenti.

1. La prima unità idrogeologica comprende l'Alternanza calcarenitico-marnosa e il Livello a banchi calcareniti del Mb. Irminio della F.ne Ragusa; questi terreni sono sede di un importante acquifero carbonatico che si sviluppa anche, oltre che nelle aree dell'Altopiano Ibleo, nelle zone morfologicamente depresse esposte a Sud-Est di esso, dove la serie carbonatica iblea è stata ribassata e ricoperta da sedimenti più recenti, a loro volta sede di acquiferi secondari.
2. La seconda unità idrogeologica, smembrata in varie articolazioni, comprende le calcareniti, marne limo-sabbiose, conglomerati, le alluvioni e le sabbie costiere. I vari termini non sono in contatto laterale tra di loro e poggiano sia sulle marne della Formazione Tellaro che sui calcari della Formazione Ragusa.

In modo particolare, i terreni riscontrati nel territorio, sono stati suddivisi come segue:

- a) terreni permeabili per fratturazione e carsismo;
- b) terreni permeabili per porosità;
- c) terreni semipermeabili;
- d) terreni impermeabili.

I terreni **permeabili per fratturazione** e carsismo sono riferibili all'Alternanza calcarenitico-marnosa e al Livello a banchi calcarenitici del Mb Irminio della F.ne Ragusa.

Questi terreni presentano una permeabilità in grande, di tipo discontinuo, di medio grado.

L'intersecarsi del reticolo di faglie e diaclasi interessanti tali terreni, unito all'azione chimica di dissoluzione delle acque sotterranee che creano cavità carsiche, ha notevole influenza sulla permeabilità e sulle caratteristiche idrogeologiche. Infatti, il comportamento idrogeologico dei terreni in esame è determinato:

- dalla struttura tettonica, per la permeabilità in grande di origine secondaria (faglie, diaclasi, fratture e fessurazioni), secondo le direttrici preferenziali NE-SW e NW-SE;
- dalla litologia (tessitura, granulometria), per la permeabilità in piccolo per porosità di origine primaria (coefficiente di permeabilità $k = 0,0001$ cm/sec) di alcuni strati calcarenitici.

I terreni **permeabili per porosità** sono costituiti dalle sabbie costiere e dalle calcareniti del pleistocene medio. Essi mostrano in genere una permeabilità alta di tipo primario, dovuta alla loro granulometria prevalentemente uniforme ed omogenea.

I terreni **semipermeabili** sono rappresentati dalle alluvioni fluviali e dai depositi palustri. Pur se si tratta di terreni aventi porosità media, il loro grado di permeabilità è variabile e influenzato dalle variazioni granulometriche costituite dai livelli sabbioso-ghiaiosi delle alluvioni, e dai livelli torbosi dei depositi palustri. Presentano una permeabilità compresa tra 0,001 e 0,00001 cm/sec.

I terreni **impermeabili** sono riferibili alle marne calcaree ed argillose della F.ne Tellaro. Trattasi di sedimenti a permeabilità molto bassa, in quanto la componente fine in essi contenuta impedisce e/o rallenta lo scorrimento dei fluidi. Presentano una permeabilità di: 0,00001-0,000001 cm/sec.

Dall'esame dell'andamento delle isopiezometriche tracciate nella Carta Idrogeologica in scala 1:5.000 (allegato n°5 dello studio geologico a supporto del P.R.G.), riferite all'intero territorio comunale, sono emerse le seguenti indicazioni:

- le zone di alimentazione della falda profonda contenuta nell'Alternanza calcarenitico-marnosa e nel Livello a banchi calcarenitici del Mb. Irminio della F.ne Ragusa sono localizzate a nord e a nord-ovest del territorio stesso;
- l'alimentazione avviene quasi esclusivamente per infiltrazione locale delle acque di precipitazione meteorica nei terreni carbonatici presenti in zona;
- il deflusso idrico sotterraneo della falda avviene in direzione quasi normale alle direttrici tettoniche principali, cioè da NNE verso SSW;
- la falda contenuta nei terreni carbonatici si localizza ad una profondità variabile fino ad un massimo di 90 metri, ed ha gradienti idraulici con valori compresi tra l'1 e il 2%.

Per quanto riguarda la falda freatica superficiale contenuta nelle sabbie costiere, nelle alluvioni fluviali e nelle calcareniti pleistoceniche pur se il suo andamento, come detto in precedenza, non è stato tracciato nella Carta Idrogeologica, sono emerse le seguenti indicazioni:

- le zone di alimentazione della falda freatica che ha sede nelle sabbie costiere, nelle alluvioni e nelle calcareniti sono circoscritte esclusivamente alle aree di affioramento dei depositi sopraccitati;
- l'alimentazione, alquanto variabile ed in funzione delle fluttuazioni stagionali di piovosità, è data dalle infiltrazioni delle acque di precipitazione;
- il deflusso idrico sotterraneo della falda avviene tendenzialmente verso SSW, con relativo travaso verso il mare, ma comunque resta notevolmente influenzato dalla

conformazione morfologica locale, che determina ed instaura particolari condizioni di deflusso locale.

Vista la natura dell'incarico, non è stato possibile monitorare il livello di falda. Nell'area di stretto interesse progettuale non è stata rinvenuta alcuna falda acquifera. Tuttavia non si può escluderne la presenza in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati.

5.0 INVARIANZA IDRAULICA

Ai fini del calcolo del volume defluente, è importante definire le superfici impermeabili scolanti, assegnando loro dei coefficienti di deflusso.

Per il calcolo delle superfici impermeabili si fa riferimento all'art 2 p. 7/b del d.d.g. 102/21.

“Sono considerate superfici permeabili anche quelle artificialmente trasformate che assorbono in tutto, o in parte, le acque meteoriche senza necessità che esse vengano convogliate altrove mediante sistemi di drenaggio e canalizzazione Tra di esse vi sono: le superfici non pavimentate (finite a prato, orto o comunque coltivate, in terra, terra battuta, ghiaia); superfici finite con pavimentazioni (masselli o blocchetti di calcestruzzo su fondo sabbioso sovrastante il terreno naturale, non cementate con posa degli elementi con fuga permeabile, oltre a quelle che impiegano materiali idonei a garantire il passaggio dell'acqua quali ad es. autobloccanti forati per il drenaggio).”

L'area totale di lottizzazione, interessata dal progetto è di **25.270 m²**, di quest'area possiamo distinguere:

- **Superfici impermeabili** rappresentate dall'ingombro degli edifici in progetto e dalle piscine da realizzare a servizio delle abitazioni.
- **Superfici semipermeabili** rappresentate dalle aree destinate a viabilità (in autobloccanti e/o asfalto drenante) e parcheggi, che verranno realizzate in blocchi autobloccanti.
- **Superfici permeabili** rappresentate dalle aree destinate a verde.

Il ddg 102/21 definisce un coefficiente di deflusso per le superfici “permeabili” pari a 0.3, come indicato nella seguente tabella:

TIPO DI SUPERFICIE	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ϕ
Superfici impermeabili	1,0
Pavimentazioni Drenanti o semipermeabili	0,7

Aree Permeabili	0,3
Incolto e Uso Agricolo	0

Alle aree così distinte possiamo associare un coefficiente di deflusso, come di seguito riportato in tabella 1:

<i>Zona</i>	<i>Permeabilità</i>	<i>Area (mq)</i>	<i>Coeff. di deflusso</i>
Edifici	Impermeabile	5.000	1.0
Piscine	Impermeabile	1.500	1.0
Viabilità	Semi permeabile	4.700	0.7
Parcheggi	Semi permeabile	3.600	0.7
Area a verde	Permeabile	10.470	0.3

Tabella 1: Distinzione superfici e relativi coefficienti di deflusso

Il coefficiente di *deflusso ponderato* di tutta l'area è pari a $C_{eq} = 0,61$

5.1 PORTATA IDRICA DA SMALTIRE

Scopo dell'analisi pluviometrica è la determinazione dello "*ietogramma di progetto*", cioè della pioggia tipo di progetto che dovrà sollecitare la rete, determinata sulla base delle "curve di possibilità pluviometrica" adottate.

Le "*curve di possibilità pluviometrica*" (CPP), idonee ad interpretare le variabili casuali di tipo "estremo", sono ottenute da considerazioni di tipo statistico, basate sulle osservazioni elaborate dall'Osservatorio delle Acque – Dipartimento dell'Acqua e dei Rifiuti per stazioni pluviometriche prossime al bacino in esame.

Utilizzare le CPP significa considerare le altezze di precipitazione come una variabile casuale che, quindi, deve essere stimata in relazione ad un livello di probabilità "P" che essa ha di non essere superata, relazionandola ad un periodo di tempo T_r (detto *tempo di ritorno*) che intercorre mediamente tra due eventi nei quali il valore di tale portata è superato.

Nel seguito viene affrontato il calcolo mediante l'analisi probabilistica delle precipitazioni con particolare riferimento alle cosiddette curve di possibilità pluviometrica, indicate spesso con l'acronimo CPP, adottando le formule appresso riportate:

$$H_{\max}(t, T) = m - \frac{\left(\ln \left(- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right)}{k} \quad (1)$$

$$H_{\text{crit}}(t, T) = a \times t^n \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \overline{H_i})^2}{n - 1}}$$

$$k = \frac{1}{0,78 \times s} \quad m = \overline{H_i} - \frac{0,577}{k}$$

Per la (2) il coefficiente “a” e l’esponente “n” sono stati determinati con il metodo dei minimi quadrati, secondo le seguenti relazioni matematiche:

$$n = \frac{\sum (\log t - \overline{\log t}) \times \log H_{\max}(t, T)}{\sum (\log t - \overline{\log t})^2} \quad a = 10^{\left(\frac{\log H_{\max}(t, T) - n \cdot \overline{\log t}}{\log t - \overline{\log t}} \right)}$$

Nelle formule soprastanti, i simboli adottati nelle formule assumono i seguenti significati:

$H_{\max}(t, T)$ = altezza massima di pioggia con tempi di ritorno;

$H_{\text{crit}}(t, T)$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno;

$\overline{H_i}$ = media aritmetica delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore negli anni considerati;

s = deviazione standard;

Ln = logaritmo naturale;

t = durata della pioggia di 1, 3, 6, 12, 24 ore;

T = tempi di ritorno.

Al fine di stabilire le portate massime, si è proceduto all’individuazione, dall’esame degli Annali del Servizio Idrografico (ISPRA) e dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS), delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Per poter ottenere un numero di osservazioni pari a 50 sono stati considerati i dati pluviometrici della Stazione di Modica (*dati dal 1969 al 1997*), della Stazione di Ispica – (*dati dal 1997 al 2024*) ubicata secondo le coordinate geografiche WGS84 a: Lat. 36° 43' 41.40" N, Long. 14° 59' 35.0" E. In complessivo, sono stati analizzati 50 anni di dati pluviometrici. Di seguito, si riportano in **tabella 1**, i dati pluviometrici raccolti.

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1969	22.00	34.60	51.80	68.80	83.60
1970	14.80	24.40	27.00	39.80	52.60
1971	37.20	58.80	70.00	70.00	70.00
1972	52.00	82.80	92.80	93.00	93.00
1974	12.40	13.60	25.00	34.40	40.80
1975	31.00	41.60	42.00	43.60	60.80
1976	28.40	42.80	42.80	52.40	67.20
1977	13.60	24.40	27.80	36.60	44.80
1978	24.00	36.60	42.60	48.60	48.60
1979	15.20	30.60	46.80	51.00	56.40
1983	12.40	24.80	27.60	27.80	27.80
1984	43.60	52.20	52.20	52.20	52.20
1985	30.60	38.00	45.60	90.20	113.60
1988	16.40	21.40	32.20	34.80	37.00
1989	21.60	22.40	34.60	54.80	75.60
1990	17.60	24.00	24.40	29.00	33.80
1991	34.80	44.40	48.00	49.40	60.20
1992	30.00	35.00	35.00	47.20	56.80
1993	27.00	45.00	60.00	77.40	114.20
1994	17.80	33.00	47.60	56.40	62.00
1995	29.20	35.60	37.00	48.40	48.40
1996	41.00	53.40	53.60	53.60	53.80
1997	28.00	28.00	32.00	44.00	48.80
1998	66.20	67.60	68.80	68.80	72.80
1999	25.00	34,6	58.00	91.20	118.00
2000	20.20	36.40	40.00	65.40	65.80
2001	30.80	40.40	40.40	40.60	53.60
2002	27.80	27.80	27.80	37.60	37.80
2003	37.40	61.40	65.40	75.40	89.40
2004	18.40	26.00	39.60	60.60	76.40
2005	33.00	34.00	48.40	78.80	110.80
2006	58.20	68.00	75.20	77.40	89.80
2007	48.20	56.40	67.40	71.00	74.20
2008	18.40	20.40	27.60	27.60	28.40
2009	11.60	20.00	26.00	35.40	43.80
2010	22.00	22.20	23.40	31.80	45.60
2011	55.40	96.00	99.20	116.00	190.60
2012	20.00	29.80	36.00	57.40	66.40
2013	18.60	31.80	33.60	40.00	46.60
2014	16.40	29.80	44.00	51.60	58.20
2015	87.60	107.40	110.40	111.20	114.60
2016	30.20	58.60	68.60	71.20	72.60
2017	29.60	44.60	46.00	53.00	58.00
2018	18.40	21.40	25.80	34.80	39.40
2019	77.80	167.40	180.20	198.40	262.80
2020	29.20	32.40	32.60	34.20	39.20
2021	18.40	34.20	52.60	75.40	90.40
2022	34.40	50.20	50.20	50.20	74.00
2023	15.40	30.40	56.20	97.20	165.00
2024	31.20	46.00	46.40	46.60	46.80

5.1.1 Analisi Statistica Pluviometrica

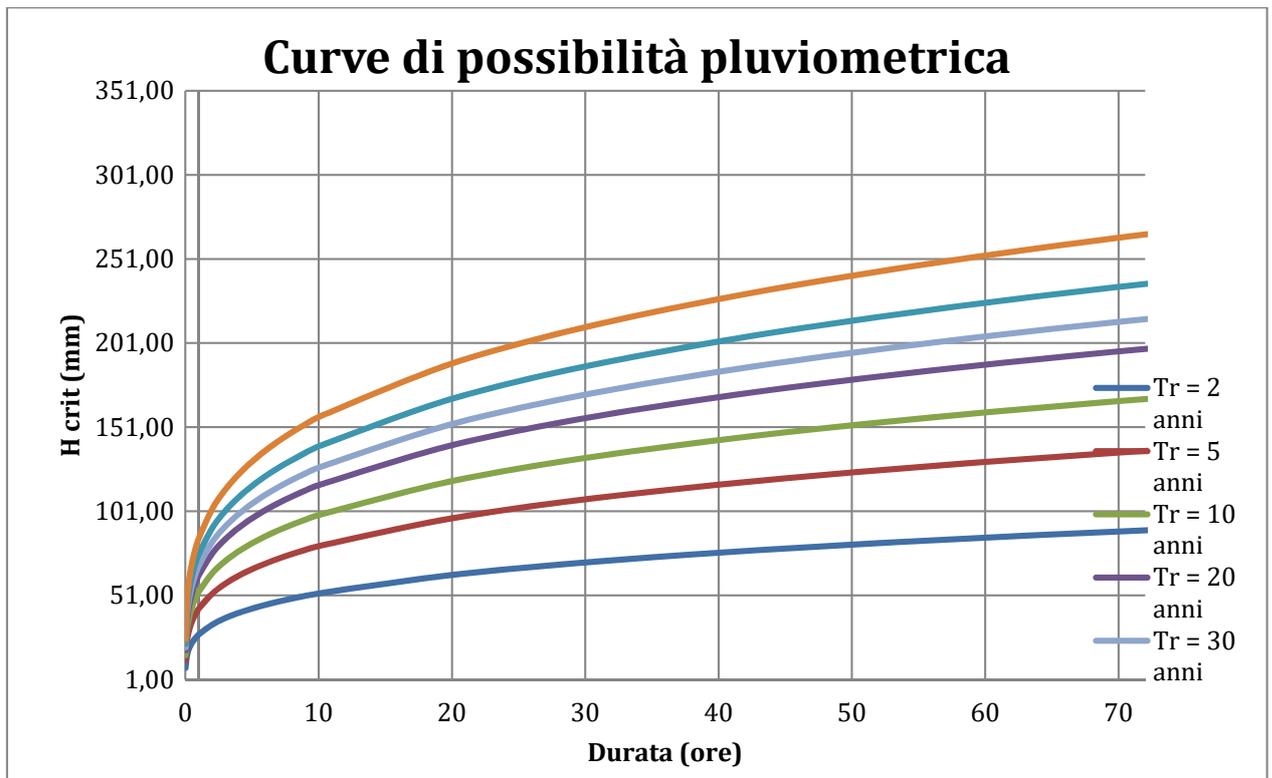
Dai grafici e tabelle sottostanti, è possibile definire l'altezza critica di pioggia per i vari tempi di ritorno: 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100 anni.

Per questi tempi di ritorno, sono state interpolate le altezze critiche di pioggia secondo il metodo statistico di Gumbel, secondo cui, la curva di possibilità pluviometrica segue la legge del tipo:

$$h = a * t^n$$

Nella seguente tabella si riportano i valori di "a" ed "n" in funzione dei tempi di ritorno (Tr)

Tr (anni)	a (mm)	n
2	27.81	0.274
5	43.17	0.270
10	53.34	0.268
20	63.09	0.267
30	68.7	0.267
50	75.71	0.266
100	85.16	0.266



Curve di possibilità pluviometrica ai vari tempi di ritorno

Grazie alle curve di possibilità pluviometrica (CPP) è possibile stabilire l'altezza di pioggia critica per eventi intensi e relativamente brevi, in funzione del tempo di ritorno.

Nella tabella seguente, sono stati evidenziati i valori delle altezze critiche in funzione dei tempi di ritorno Tr e delle durate di pioggia di **0.3, 0.5, 1 e 2 ore**.

	Tr = 2 anni	Tr = 5 anni	Tr = 10 anni	Tr = 20 anni	Tr = 30 anni	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni
Durata (h)	H (mm)						
0.01	7.87	12.45	15.53	18.45	20.09	22.24	25.02
0.1	14.80	23.18	28.78	34.12	37.15	41.03	46.16
0.2	17.89	27.96	34.65	41.05	44.70	49.34	55.50
0.3	20.00	31.19	38.63	45.75	49.81	54.96	61.82
0.4	21.64	33.71	41.73	49.40	53.79	59.33	66.74
0.5	23.00	35.80	44.30	52.43	57.09	62.96	70.82
0.6	24.18	37.61	46.52	55.05	59.94	66.09	74.34
0.7	25.22	39.21	48.48	57.36	62.46	68.86	77.45
0.8	26.16	40.65	50.24	59.44	64.73	71.35	80.25
0.9	27.02	41.96	51.85	61.34	66.79	73.62	82.81
1	27.81	43.17	53.34	63.09	68.70	75.71	85.16
2	33.63	52.05	64.23	75.92	82.67	91.04	102.40
3	37.58	58.08	71.60	84.60	92.12	101.41	114.06
4	40.66	62.77	77.34	91.35	99.47	109.47	123.14
5	43.22	66.67	82.11	96.96	105.58	116.17	130.67
6	45.44	70.03	86.22	101.80	110.85	121.94	137.16
7	47.40	73.01	89.85	106.07	115.50	127.04	142.90
8	49.16	75.69	93.13	109.92	119.70	131.64	148.07
9	50.78	78.13	96.11	113.43	123.52	135.83	152.78
10	52.26	80.39	98.87	116.67	127.04	139.69	157.12
20	63.20	96.93	119.05	140.39	152.87	167.97	188.93
30	70.62	108.14	132.72	156.44	170.35	187.10	210.45
40	76.41	116.88	143.35	168.93	183.95	201.98	227.19
50	81.23	124.14	152.19	179.30	195.25	214.33	241.08
60	85.39	130.40	159.81	188.25	204.99	224.98	253.06
70	89.08	135.94	166.55	196.16	213.60	234.40	263.65
80	92.39	140.93	172.62	203.28	221.35	242.87	273.19
90	95.43	145.49	178.15	209.77	228.42	250.60	281.88
100	98.22	149.69	183.25	215.75	234.94	257.72	289.89
durata (h)	T 2	T=5	T=10	T=20	T=30	T=50	T=100

5.2 DETERMINAZIONE DEI VOLUMI IDRICI DA SMALTIRE

In generale, il volume delle vasche può essere calcolato secondo la seguente formula:

$$V = h * \text{Sup} * c$$

dove:

V = volume,

h = altezza di pioggia ad un determinato tempo di ritorno e una determinata durata di pioggia,

c = coefficiente di deflusso.

Si computano quindi le superfici impermeabili e semipermeabili in mq (in funzione del layout progettuale) al fine del calcolo del volume da compensare mediante vasche di laminazione e/o altre opere a scelta del progettista.

Per il calcolo delle superfici impermeabili si fa riferimento all'art 2 p. 7/b del d.d.g. 102/21

“Sono considerate superfici permeabili anche quelle artificialmente trasformate che assorbono in tutto, o in parte, le acque meteoriche senza necessità che esse vengano convogliate altrove mediante sistemi di drenaggio e canalizzazione. Tra di esse vi sono: le superfici non pavimentate (finite a prato, orto o comunque coltivate, in terra, terra battuta, ghiaia); superfici finite con pavimentazioni (masselli o blocchetti di calcestruzzo su fondo sabbioso sovrastante il terreno naturale, non cementate con posa degli elementi con fuga permeabile, oltre a quelle che impiegano materiali idonei a garantire il passaggio dell'acqua quali ad es. autobloccanti forati per il drenaggio).”

Zona	Permeabilità	Area (mq)	Coeff. di deflusso
Edifici	Impermeabile	5.000	1.0
Piscine	Impermeabile	1.500	1.0
Viabilità	Semi permeabile	4.700	0.7
Parcheeggi	Semi permeabile	3.600	0.7
Area a verde	Permeabile	10.470	0.3

**coeff. Di deflusso ragguagliato (MEDIA PONDERALE) = 0.61*

L'idea progettuale prevede la realizzazione di più sistemi di laminazione al quale fare convogliare le acque di tutte le superfici scolanti.

Per questa relazione viene calcolato un volume di invaso come se fosse un unico sistema laminante, poi la scelta progettuale potrà essere un'altra.

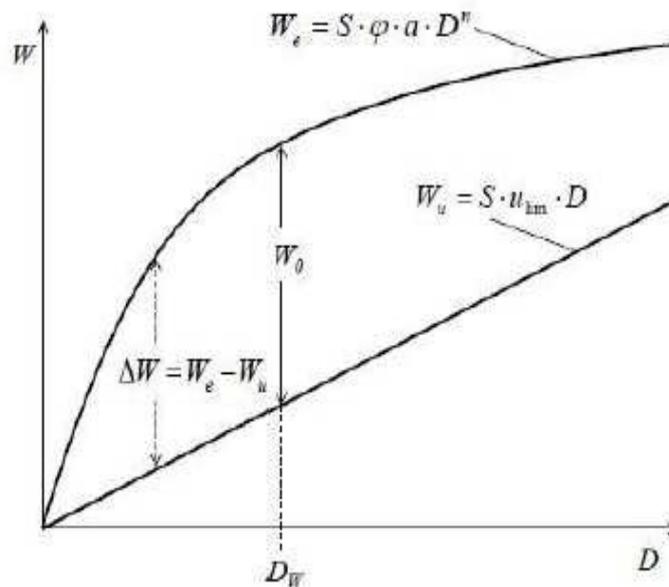
Segue il calcolo per il dimensionamento del sistema di laminazione e, come Tempo di ritorno, è stato utilizzato 30 anni.

5.2.1 Volume sistemi di laminazione da calcoli con metodo analitico

Il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nel sistema di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \times \varphi \times a \times D^n - S \times \varphi \times u_{lim} \times D$$

La figura seguente mostra graficamente la curva del Volume di acqua in ingresso $W_e(D)$, di tipo esponenziale, prossimo alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ (Volume di acqua in uscita) e indica come il ΔW tra le due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di **DW = durata critica per la laminazione**.



Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w (calcolato nel paragrafo precedente) per l'invaso di laminazione e quindi il volume di laminazione W_0 :

$$W_0 = S \times \varphi \times a \times D_w^n - Q_{umax} \times D_w$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

- W_0 (m^3)
- S (ha)
- a (mm/ora)
- Q_{umax} (l/s)

- D_w (ore)

Le equazioni diventano così:

$$W_0 = 10 \times S \times \varphi \times a \times D_w^n - 3,60 \times Q_{umax} \times D_w$$

Introducendo in esse la portata specifica di scarico (coefficiente udometrico) $u_{lim} = Q_{u,lim}/S$ (l/sec per ettaro) e il volume specifico di invaso $w_0 = W_0/S$ (in m^3/ha) si ha:

$$D_w = (Q_{u,lim} / (2,78 \times S \times \varphi \times a \times n))^{1/n-1}$$

$$Q_{ulimmax} = u_{um} \times \varphi_m \times S / 1.000 = 20 \times 0.61 \times 2.53 / 1000 = 0.031 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (31.0 l/s)}$$

La durata critica di invaso, secondo la:

$$D_w = (Q_{ulimmax} / (2.78 \times S \times \varphi \times a \times n))^{1/n-1}$$

È pari a:

$$D_w = (31.0 / (2.78 \times 2.53 \times 0.61 \times 68.7 \times 0.267))^{1/(0.267-1)} = \mathbf{3.58 \text{ ore}}$$

Di conseguenza, sulla base della seguente formula

$$W_0 = 10 \times S \times \varphi \times a \times D_w^n - 3,60 \times Q_{ulimmax} \times D_w$$

Il volume di laminazione è pari a:

$$W_0 = 10 \times 2.53 \times 0.61 \times 68.7 \times 3.58^{0.267} - 3,60 \times 31.0 \times 3.58 = \mathbf{1092,57 \text{ m}^3}$$

L'idea progettuale consiste nella realizzazione di più vasche di laminazione a servizio delle abitazioni, oltre ad altre soluzioni di riutilizzo delle acque, che il progettista descriverà in maniera dettagliata nel suo progetto, assicurando e garantendo che il tempo di svuotamento sarà compatibile con le indicazioni presenti nella norma DDG102/2021. Dove si indica un tempo massimo di svuotamento di 48 h:

6.0 VASCHE PER IL TRATTAMENTO DELLE “ACQUE DI PRIMA PIOGGIA”

Con il termine “acque di prima pioggia” vengono definite le quantità di acqua piovana precipitata nei primi 15 minuti dell’evento meteorico, per tali quantità viene definito un valore di riferimento che solitamente è di 5 mm in tutta la superficie interessata.

Queste acque di prima pioggia devono essere separate dalle “acque di seconda pioggia” (precipitate nei 15 minuti successivi) e trattate prima del rilascio finale, poiché per dilavamento trascinano gli elementi inquinanti presenti sulla superficie scolante.

Negli ultimi decenni, infatti, la quantità di aree impermeabili, destinate soprattutto ad usi produttivi e/o commerciali, è aumentata notevolmente.

Per questo sono state messe a punto delle normative che prevedono l’obbligo di accumulare le acque meteoriche ricadenti sulle superfici impermeabili e di trattarle al fine di evitare il rilascio nei corsi d’acqua o nelle pubbliche fognature di: sabbia, terriccio, idrocarburi, residui oleosi, particelle di materiali di consumo provenienti dagli autoveicoli circolanti, eccetera.

L’art. 113 del Decreto Legislativo 03 aprile 2006 n° 152 parte III “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento” afferma che le **acque vanno disciplinate**.

In progetto è prevista la realizzazione delle vasche per il trattamento delle “acque di prima pioggia” da realizzare a monte dei sistemi di laminazione previsti dal progettista.

6.1 Calcolo dei volumi di acqua di prima pioggia

Superficie scolante (superfici destinate a viabilità e parcheggi in autobloccanti e/o asfalto drenante) = 8.300 m²

Coeff. di deflusso= 0.7 (SEMIPERMEABILE)

SUPERFICIE SCOLANTE REALE:

Sup. Scolante= 8.300 x 0.7 = 5.810 m²

VOLUME DI PRIMA PIOGGIA

VPP= S X 5 mm = 5.810 m² x 0,005 m = **29,05 m³**

Marzo 2025

I GEOLOGI RELATORI

(Dott. Giuseppe Giudice)

(Dott. Paolo Mozzicato)