



COMUNE DI DECIMOMANNU

Provincia di Cagliari

LOTTIZZAZIONE FOSCOLO – VARIANTE SOSTANZIALE

PROGETTO ESECUTIVO



STUDIO IDROLOGICO

Progettisti incaricati:
ing. Sandro CATTA



Dicembre 2009

ing. Massimo ZUCCA

[Handwritten signature]
Melo

Collaboratori:

Dott. Ing. Paola CADAU
Dott. Ing. Massimo CORDA
P.E. Enrico COLLU
Dott. Ing. Mirko ETZO
Dott. Ing. Claudia GIATTINO
Dott. Ing. Irene PILI

[Handwritten signatures]
Passerò Maddalena
Passerò Elena
Cocco Alberto
Passerò Faustino
Muscas Giovanni

Committenti:

sigg.ri Cadau, Cocco, Masala, Muscas, Passerò, Vado.

Responsabile del Procedimento
ing. Giovanni TOCCO

La presente relazione ha come oggetto lo studio idrologico e idraulico e relative verifiche per la lottizzazione "Foscolo" del Comune di Decimomannu.

Un accurato studio idrologico è indispensabile per la progettazione delle opere idrauliche a servizio e difesa del corpo stradale e delle civili abitazioni; per meglio dire un corretto dimensionamento risulta infatti fondamentale per un'adeguata protezione del corpo stradale stesso, nonché per garantire la sicurezza degli utenti.

Nello specifico è stato necessario valutare in quale misura una pioggia critica di una determinata durata (ossia la durata critica) possa determinare un allagamento dell'area tale da causare disagi addirittura un possibile pericolo per l'incolumità degli utenti.

Data l'estrema complessità dei fenomeni idrologici, il cui andamento è spesso aleatorio e legato a una molteplicità di fattori fisici caratterizzati da una forte disuniformità e incostanza, nella pratica professionale ingegneristica si fa usualmente ricorso, per questo tipo di studi, a un approccio basato su espressioni di tipo statistico-probabilistico ampiamente verificate e, per quanto possibile, adattate alle situazioni locali.

Perciò, per il calcolo della massima portata di piena smaltibile da un'opera idraulica nel corso della sua vita utile, si fa riferimento al concetto di *tempo di ritorno*, che rappresenta una stima del tempo medio di attesa tra due eventi consecutivi con caratteristiche tali per cui il valore della grandezza in esame venga eguagliato o superato. Il tempo di ritorno corrisponde all'inverso della probabilità di non superamento di un certo valore della grandezza considerata (in questo caso, la portata).

I metodi di stima della portata ad assegnata frequenza dipendono da vari fattori, primi fra tutti la disponibilità di dati osservati e la copertura spaziale della rete idrometeorologica. In relazione ai dati disponibili, la letteratura evidenzia diverse metodologie riconducibili a due grandi sottoinsiemi: i Metodi Diretti e i Metodi Indiretti, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo nella sezione di interesse è ricavata direttamente da valori di portate osservate o indirettamente dalla precipitazione meteorica tramite trasformazione afflussi-deflussi.

Nel caso in esame la scarsa disponibilità di osservazioni storiche di portata nella sezione considerata suggerisce l'uso della procedura indiretta per la valutazione della portata di piena. Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dai dati di precipitazione, nell'ipotesi che le frequenze di accadimento di tali fenomeni coincidano.

Per giungere a tale stima è stato necessario innanzitutto uno studio del bacino imbrifero relativo all'area considerata, svolto mediante l'analisi della morfologia del territorio in esame sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 e sulla cartografia IGM in scala 1:25000.

In seguito, è stata calcolata la portata d'acqua che confluisce attraverso l'ambito urbani incluso nel bacino, e inoltre nella lottizzazione, per poter verificare quale rischio di allagamento corre l'area limitrofa alla lottizzazione. Per il calcolo della portata si è seguita la procedura suggerita nelle "Linee guida per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" allegate al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna.

Infine è stata eseguita la verifica idraulica per tale valore di portata e si è valutata un'opportuna soluzione per prevenire il rischio di allagamento.

CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA NELLA SEZIONE INTERESSATA DAGLI INTERVENTI PROPOSTI

la portata di piena è stata calcolata mediante la ben nota **Formula Razionale**, come prodotto tra **intensità di precipitazione** i (di assegnata durata d e periodo di ritorno T_r), il **coefficiente di afflusso** ϕ di assorbimento Φ , la **superficie del bacino imbrifero** A e il **coefficiente di laminazione** $\varepsilon(t)$:

$$Q = i[\theta, T_r, r(\theta, A)] * \Phi * A * \varepsilon(\theta)$$

dove:

θ = durata critica di pioggia

$r(\theta, A)$ = fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino

l'area A del bacino, calcolata con l'ausilio di strumenti CAD e GIS, risulta pari a circa 1.27 km².



Figura 1 - bacino imbrifero dell'area



Limite del bacino

Limite del bacino di allagamento della scuola

Lunghezza asta principale

E' stato adottato un tempo di ritorno T_r pari a 40 anni, che risulta adeguato e cautelativo per il nostro caso: si tratta infatti di un'area urbana, e considerato che di prassi per il calcolo della rete acque bianche si stima un tempo di ritorno di 40 anni, andremo a calcolare per quel tempo di ritorno una pioggia critica che potrebbe determinare un allagamento critico dell'area.

L'intensità critica di precipitazione che determina la massima portata di piena è ottenuta dalla **curva di possibilità pluviometrica** che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione (d) ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T_r .

La curva di possibilità pluviometrica ha un'espressione analitica del tipo:

$$h(T_r) = a * d^n$$

Nella procedura VaPi (Valutazione delle Piene) per la regione Sardegna è stato adottato il modello probabilistico TCEV (Two Components Extreme Values), che ha dimostrato di interpretare correttamente le caratteristiche di frequenza delle serie storiche. La metodologia regionale di calcolo, seguita nella presente analisi, si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale:

$$h' = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

che rappresenta l'altezza di pioggia critica adimensionale, ossia il massimo annuale di pioggia per una assegnata durata d , normalizzato rispetto alla media $\bar{h}(d)$ (detta anche pioggia indice).

l'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è, per ciascun tempo di ritorno T_r :

$$h'(T_r) = a * d^n$$

dove i parametri della curva, $a(T_r)$ e $n(T_r)$, sono stati individuati per tre Sotto Zone Omogenee (SZO) della Sardegna, suddivisi per piogge di durata inferiore o superiore a un'ora e validi per tempi di ritorno superiori ai 10 anni. Il territorio in esame risulta far parte della SZO 2 e la durata critica di pioggia risulta superiore a un'ora (come di seguito illustrato), pertanto i parametri assumono le seguenti espressioni:

$$a = 0,43797 + 1,0890 * \text{Log}(T_r)$$

$$n = -6,3887 * 10^{-3} - 4,5420 * 10^{-3} * \text{Log}(T_r)$$

La durata di pioggia critica θ , secondo il modello della corrivazione (utilizzato nella procedura VaPi Sardegna), è assunta pari alla somma del tempo di formazione del deflusso superficiale (t_f) e del tempo di corrivazione (t_c).

Il tempo di corrivazione (ossia l'intervallo temporale che intercorre tra l'inizio della pioggia e l'istante in cui la particella d'acqua caduta nel punto del bacino idraulicamente più lontano dalla sezione considerata vi perviene) può essere calcolato mediante diverse espressioni empiriche; è stata utilizzata quella generalmente adottata nella pratica professionale, nota come formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{1,5 * L + 4\sqrt{A}}{0,8\sqrt{H_m - h}}$$

dove:

$$I_a = 0,2 * S$$

I valori del parametro di assorbimento CN e della relativa capacità massima di assorbimento S sono stati determinati per il bacino in esame facendo riferimento alla ben nota metodologia SCS-CN, utilizzando la Carta Litologica e quella di Uso del Suolo.

In base alla capacità di assorbimento, il suolo del bacino dev'essere assegnato ad uno dei quattro gruppi previsti nel modello, di seguito riportati:

Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Considerato che il bacino interessato è interamente costituito da aree urbanizzate e aree agricole in minor parte, si prende un valore medio dei coefficienti pari a 80.

Il parametro CN così calcolato va diminuito o incrementato in funzione delle condizioni iniziali di umidità (classe AMC), a seconda della stagione vegetativa e del valore stimato dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico: nel caso in esame è stata adottata la classe AMC II (corrispondente a un'altezza di pioggia in 5 giorni compresa tra i 12,7 e i 28 mm nella stagione di riposo della vegetazione e tra i 35,5 e i 53,3 mm nella stagione di crescita), pertanto il coefficiente CN rimane invariato.

Il valore dell'assorbimento del bacino S, calcolato sulla base del parametro CN, è pari a circa 63,5 mm; l'assorbimento iniziale I_a è pari a circa 12,7 mm.

Il fattore di ragguglio delle piogge all'area $r(\theta, A)$, legato alla durata critica θ e alla superficie del bacino A è stato calcolato mediante la formulazione utilizzata nel VaPi Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report (Wallingford Institute, UK, 1977):

$$r = (1 - 0,0394 * A^{0,354}) * d^{(-0,40 + 0,00322 * (4,6 - \ln A))}$$

Il coefficiente di laminazione $\epsilon(t)$ viene valutato a seconda dell'estensione e delle caratteristiche topografiche del bacino idrografico sotteso alla sezione di interesse, facendo riferimento ai modelli concettuali della corrivazione e dell'invaso. Nel presente caso, cautelativamente, tale coefficiente è stato assunto pari all'unità.

Una volta effettuate le opportune iterazioni, sono state ottenute le seguenti stime per il bacino in esame:

Tempo di formazione ruscellamento superficiale t_f	0,299	h
Durata critica θ	4,82	h
Altezza critica normalizzata $h'(T_r)$	2,07	
Pioggia indice $\bar{h}(d)$	80,81	mm
Altezza di pioggia critica lorda $h(d)$	278,33	mm
Intensità corrispondente alla durata critica i'	42,35	mm/h
Coefficiente di ragguglio delle piogge all'area r	0,97	
Intensità raggugliata all'area i	41,33	mm/h
Altezza di pioggia critica netta h_{netta}	214,38	mm
Coefficiente di afflusso Ω	0,5	

la portata al colmo di piena risulta quindi pari a circa 26414 m³/h, corrispondenti a circa 7,33 m³/s.

Essendo in ambito urbano ipotizziamo che parte della portata d'acqua interna al bacino defluisca completamente attraverso la rete delle acque bianche, nella misura del 20%.

Dunque la portata d'acqua risulta pari a 5,86 m³/s.

È stato calcolato un ipotetico volume d'acqua sulla base di un accurato studio delle curve di livello e relativi dislivelli del terreno nell'area che comprende la scuola confinante col parco e con la lottizzazione, in quanto si è constatato, da osservazioni effettuate nell'ultimo decennio, che tale area è quella maggiormente suscettibile di allagamento.

Dunque nel tempo critico di 4,82 ore, defluisce nell'area attorno alla scuola un volume d'acqua di 01.889 m³.

Nei dintorni della scuola si è stimato che possa essere suscettibile di allagamento dovuto alla pioggia critica un'area pari a 16.141,7 m².

Avendo rilevato da un'analisi delle curve di livello della zona un dislivello del terreno di 2 m, si stima un volume teorico di allagamento pari a 32.283,4 m³.

Tale volume risulta essere superiore al volume dato dall'allagamento dell'area includente la scuola. Da quanto si conosce emerge che la scuola è dotata di apposito serbatoio di deflusso delle acque, collegato al vicino canale di scarico tramite un tubo F600.

Calcolo della portata d'acqua che defluisce dal F800.

Da quanto noto è presente nella scuola una vasca di deflusso delle acque piovane, onde evitare l'allagamento dell'area. Allo scrivente è noto che il tubo sia in PVC, quindi il relativo coefficiente di scabrezza è $k = 120$. Per il calcolo della portata si utilizza la formula di Chezy per condotte a pelo libero. Si ipotizza che il livello percentuale di riempimento sia dell'80%. La lunghezza del tubo, ossia la distanza della vasca dal canale di scarico delle acque, è pari a circa 70 m. Dunque ne consegue una pendenza del canale di 0.03 m/m.

Inserendo i dati precedenti nel foglio di calcolo fornitoci da <http://www.oppo.it/home-calcoli.htm> si ricava una portata di 3,49 m³/s, che corrispondono ad un volume di acqua, in condizioni di evento critico, pari a 60.579 mc. Dunque nel tempo critico la vasca si riempie con una velocità di 237 m³/s, che vanno a produrre un volume di acqua di 41.309 mc, che risulta essere superiore al volume teorico di allagamento.

Da ciò ne consegue che la lottizzazione non presenta rischio di allagamento per l'ipotizzato evento critico e si nota che se si potenziasse il deflusso dell'acqua con un tubo F 1000 non si avrebbe inoltre rischio di allagamento per la scuola.