



COMUNE DI NOVARA

Nuovi interventi in Ambito T12 Agognate
Seconda Connessione - Nuova Fermata di Agognate
STRALCIO A_Seconda Connessione

PROGETTO DEFINITIVO

R

Verifiche idrauliche

RAUM
engineering

RAUM ENGINEERING SRL
via XX settembre 38, 28100 Novara - ITALY
+39.0321.390335
PIVA/CF 02523870034
www.raum-engineering.com



Prima stesura:
Maggio 2021

Revisione 1:

Revisione 2:

Stesura finale:

Consegna:

INT.c

1 ANALISI IDROLOGICA

Ai fini del dimensionamento della rete di collettamento delle acque meteoriche, si rende necessaria la preventiva definizione delle curve di possibilità climatica rappresentative dei dati pluviometrici caratteristici per la zona geografica di interesse.

1.1 Analisi pluviometrica

Il calcolo della rete meteorica prende origine dalla stima dell'altezza di precipitazione che si verifica sulla superficie scolante per una definita durata. La durata da considerare è pari al tempo necessario perché tutta la superficie sottesa dalla prefissata sezione contribuisca al deflusso, avendo definito un tempo di ritorno T_r (il numero di anni nel quale mediamente l'evento meteorico può essere uguagliato o superato).

Prefissato il periodo di ritorno T_r , l'equazione che esprime l'altezza h di precipitazione in funzione della durata θ è data dalla forma:

$$h(T_r) = a\theta^n$$

dove:

$h(T_r)$ = altezza di precipitazione [mm];

T_r = tempo di ritorno [anno];

θ = durata [ore];

a, n = parametri da determinare attraverso un'analisi pluviometrica.

La scelta del tempo di ritorno viene in genere fatta sulla base di considerazioni di carattere tecnico-economico, accettando a priori un rischio non nullo, ovvero che durante gli N anni di esercizio della fognatura possano verificarsi delle disfunzioni. La scelta del tempo di ritorno si basa su un'analisi costi-benefici, in relazione all'importanza dell'opera e al rischio che ne consegue.

In "Fognature" di L. Da Deppo e C. Datei, come tempi di ritorno indicativi per le fognature urbane, si indica un valore di T_r compreso tra 5 e 20 anni.

Sulla base di considerazioni di carattere tecnico-economico, e vista l'importanza del nuovo insediamento, nell'analisi seguente è stato scelto un tempo di ritorno $T_R=30$ anni per il dimensionamento della fognatura bianca.

Per quanto riguarda θ (in ore), secondo letteratura (cit. "Manuale di Ingegneria civile e ambientale, Quarta Edizione, Bologna, Zanichelli/ESAC"), la definizione delle durate critiche di precipitazione che interessano "l'idrologia urbana", sono comprese tra pochi minuti (5-15min) e poche ore (in genere meno di 3 ore) e di conseguenza un'analisi del regime delle precipitazioni deve interessare le piogge di breve durata e forte intensità (scrosci).

Inoltre, si può ipotizzare che il tempo di corrvazione sia dell'ordine dei minuti, e quindi le precipitazioni a cui bisogna fare riferimento sono quelle della durata inferiore all'ora.

1.2 Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

Quanto segue nel presente capitolo riporta alcuni estratti degli approfondimenti metodologici riportati nel documento: “Guida all'utilizzo dell'atlante delle piogge intense” del Geoportale Arpa Piemonte.

Il servizio Atlante delle piogge intense, raggiungibile al sito http://webgis.arpa.piemonte.it/atlane_pioggia_webapp/ di ARPA Piemonte consente di ricavare, in un qualsiasi punto del territorio regionale, i parametri della curva di possibilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno per le durate da 10 minuti a 24 ore espressa nella forma:

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

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata dell'evento meteorico, a è il coefficiente pluviale orario, K_T è il fattore di crescita legato al tempo di ritorno T , n è l'esponente di invarianza della scala (governa l'andamento della curva).

Per le precipitazioni di durata sub-oraria (10, 20 e 30 minuti), la formula analitica per il calcolo dell'altezza di pioggia relativa ad una determinata durata e ad un determinato periodo di ritorno è la seguente:

$$h(d, T) = \left(a \left(\frac{1 + B \cdot d}{1 + B} \right)^{\frac{(n-1)(1+B)}{B}} \right) \cdot d \cdot K_T$$

Dove a ed n sono gli stessi delle durate standard, mentre B è una costante pari a 136.495.

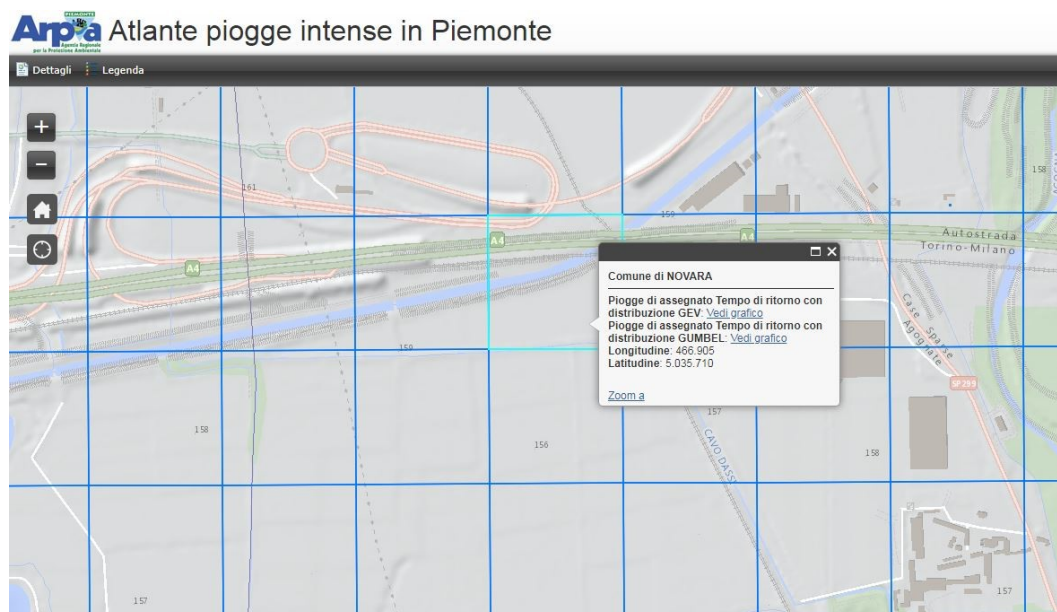


Immagine tratta dal portale ARPA Piemonte per la determinazione dei parametri idrologici di progetto.

Selezionando il quadrante d'interesse dal webgis di ARPA Piemonte, è possibile interrogare i vettori specifici, ottenendo i seguenti parametri da inserire all'interno dell'equazione di possibilità indicata in precedenza:

Parametri idrologici distribuzione GUM ricavati dal sito ARPA per la costruzione della legge di possibilità pluviometrica.

Atlante piogge intense in Piemonte (GUM)



Comune di **NOVARA** (lat: 5035459.95493 , lon: 466905.454713)

Parametri della curva di probabilità pluviometrica. **a: 31.21 n: 0.29**

CSV Excel

Fattore di crescita K_T						
K2	K5	K10	K20	K50	K100	K200
0	1.3	1.5	1.7	2	2.2	2.4

L'applicazione dei parametri precedenti fornisce i seguenti valori di a ed n in funzione del tempo di ritorno, specifici per l'area di interesse:

Tabella riassuntiva dei parametri a ed n in funzione del tempo di ritorno, per precipitazioni di durata superiore all'ora.

Tr	5	10	20	30	50	100	200
a_1	40.573	46.815	53.057	56.178	62.420	68.662	74.904
n	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

Essendo $a_1 = a \cdot K_T$.

In questo modo sono ora disponibili i parametri a_1 ed n della legge di possibilità pluviometrica:

$$h = a_1 D^n$$

legge dalla quale è possibile ricavare le portate generate da eventi caratterizzati da un prefissato tempo di ritorno.

Si osservi tuttavia come tali parametri si riferiscano a precipitazioni di durata superiore all'ora, mentre è noto che gli eventi critici per le reti di collettamento e scarico della scala di quello in progetto hanno durata certamente minore dell'ora (eventi definiti "scrosci").

In questo caso, come già anticipato, le indicazioni di Arpa suggeriscono di adottare per il calcolo una formula differente.

In definitiva i parametri che saranno utilizzati per il dimensionamento delle reti di scarico delle acque bianche sono i seguenti:

Tempo di ritorno = 30 anni, eventi inferiori all'ora	$a =$	31.21
	$K_{T30} =$	1.8

$n =$	0.29
$B =$	136.495

2 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO RETE METEORICA

Al fine di raccogliere e convogliare i contributi di precipitazione verso la canaletta di scarico relativa alla mezza corsia drenante, si rende necessario predisporre adeguata rete di collettamento in fregio alla strada.

Per il dimensionamento della stessa è stato considerato un tempo di ritorno di **30 anni** e funzionamento a gravità; l'intensità di precipitazione adottata, in considerazione delle curve di possibilità pluviometrica utilizzate (rif.Capitolo3) e di una durata dell'evento di precipitazione di circa 15 minuti (scroscio con durata inferiore all'ora), è di **149.09 mm/ora**.

Il calcolo alla base della progettazione, per la definizione dei diametri delle condotte che andranno a costituire le rete delle acque bianche, è stato eseguito utilizzando il *metodo cinematico*.

Il metodo cinematico permette di calcolare la massima portata di acque meteoriche in funzione del sottobacino sotteso e di stabilire pertanto le caratteristiche geometriche della rete in progetto.

Propedeutica all'applicazione del metodo stesso (oltre che alla successiva modellazione dell'ambito, che sarà illustrata nei paragrafi successivi) è la suddivisione dell'area di intervento in sottobacini, ciascuno dei quali afferirà ad un tratto della rete oggetto di progettazione.

Tale definizione è legata in particolar modo al piano quotato di progetto dell'ambito, che permette la definizione delle principali direzioni di drenaggio e l'individuazione di eventuali barriere al deflusso.

Vengono calcolate le seguenti grandezze:

ϕ = coefficiente di afflusso ponderato;

$S_{tot} [ha]$ = area scolante totale;

i = pendenza del tratto considerato, imposta per tentativi o vincolato dalle quote di scorrimento delle condotte esistenti;

K_s = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (per tubazioni in materiali plastici si pone pari a

$100 \frac{m^{1/3}}{s}$, mentre per tubazioni in cemento armato turbo centrifugato pari a $80 \frac{m^{1/3}}{s}$);

Il confronto viene fatto tra la portata derivante dagli eventi meteorici e dalla portata convogliabile dalla condotta, le cui variabili dipendenti sono il diametro e la pendenza.

Il coefficiente d'afflusso di ogni area è stato calcolato come media ponderata dei coefficienti di afflusso di ogni singola area componente con diversa destinazione d'uso (verde, green-block, piazzali e strade) secondo la seguente relazione:

$$\phi_{area j} = \frac{\sum_i S_i \phi_i}{\sum_i S_i}$$

con:

S_i = area della i-esima zona omogenea dal punto di vista dell'uso del suolo;

φ_i = coefficiente di deflusso relativo alla zona i-esima.

In particolare nell'individuazione dei coefficienti di deflusso si sono fatte le seguenti considerazioni:

- per le aree impermeabili di piazzali e viabilità è stato assunto un coefficiente di deflusso di 0.9;

Calcolo del coefficiente di deflusso ponderato per l'area scolante oggetto di dimensionamento

AREE SCOLANTI A DESTINAZIONE PUBBLICA		
Tipologia del suolo	superficie mq	φ
Impermeabile	2.890.00	0.9
Totale area e coeff. di deflusso ponderato	2.890.00	0.9

Noto il coefficiente di deflusso medio dell'area e l'equazione della LSPP si è proceduto al calcolo, relativo all'intera area afferente, del volume di pioggia nella durata critica.

Considerando la formulazione di De Martino, valida per bacini di superficie inferiore a 30 ettari, la portata pluviale critica che si sviluppa sull'area d'intervento è data da:

$$Q = i_{15} \cdot A \cdot \frac{\varphi}{360}$$

dove:

- φ rappresenta il coefficiente di deflusso ponderato per l'area oggetto di studio;
- A è la superficie colante complessiva;
- i_{15} intensità massima di pioggia, calcolata in considerazione delle curve di possibilità pluviometrica utilizzate e di una durata critica dell'evento di precipitazione di circa 15 minuti

Che corrisponde a una portata massima attesa pari a

$$Q = 149.09 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \cdot 0.289 \text{ ha} \cdot \frac{0.90}{360} = 0.1077 \frac{\text{mc}}{\text{s}} = 107.7 \text{ l/s}$$

2.1 Descrizione della rete di collettamento

In considerazione delle caratteristiche proprie della configurazione di progetto dell'area in esame, e alla luce dei risultati ottenuti e illustrati di seguito, la rete di collettamento delle acque meteoriche per l'ambito in esame risulta così costituita:

Canaletta trapezoidale in cls armato e vibrato avente base minore cm 50, base maggiore cm 150 ed altezza cm 50.

I volumi di pioggia attesi per il periodo di ritorno di riferimento e le relative portate meteoriche sono state calcolate considerando unicamente le aree colanti rappresentate dalla mezza carreggiata.

2.2 Verifiche generali

Si procede quindi alla verifica del collettore finale per una portata pari a:

$$Q_0 = 107,7 \text{ l/s}$$

DATI di input:

Sezione del canale/tubo: trapezoidale a sezione aperta

Larghezza base inferiore [B] = 0,50 m

Larghezza base superiore [B] = 1,50 m

Pendenza del fondo [i] = 0,12%

Materiale: canali in cemento

Coefficiente di Strickler [Ks] = 70 m^{1/3}/s

Portata di progetto [Q₀] = 0,1077 m³/s

Per la soluzione del problema viene utilizzata la formula di Chezy con coeff. di conduttanza calcolato con la formula di Strickler.

DATI di output:

Tirante idrico **h₀ = 0,22 m**

Rapporto riempimento **% = 44,00**

Area della sezione idrica A₀ = 0,1622 mq

Contorno bagnato C = 1,134 m

Raggio idraulico R = A₀/C = 0,1431 m

Coefficiente di conduttanza X = 50,6266 m^{1/2}/s

Velocità di moto uniforme V₀ = X*(R*i)^{1/2} = 0,66 m/s

2.3 Conclusioni

Come si può notare dai calcoli esposti al paragrafo tutte le verifiche risultano soddisfatte:

- *Il grado di riempimento massimo risulta inferiore all'80%, nello specifico si arriva ad un massimo di 44 % con un franco di sicurezza adeguato;*
- *La velocità critica rientra nei limiti citati in precedenza.*

Le verifiche svolte hanno validato le scelte progettuali, in ragione di valori di portata trasferibile, riempimento e velocità critica, risultando conformi alle normative.

3 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI INFILTRAZIONE

Il sistema di infiltrazione riceverà il contributo delle portate meteoriche in arrivo dalla rete.

Per caratterizzare la rete di infiltrazione risulta necessario procedere al calcolo del volume di accumulo da prevedere all'interno del sistema drenante.

Esso sarà costituito da n.1 bacinodi infiltrazione a cielo aperto ricavato sfruttando la capacità di infiltrazione del terreno in sito, per il quale è disponibile una stima della permeabilità K. Il sistema sarà costituito da una trincea drenante avente le seguenti dimensioni : **21,10x11,70x0,50 ml**.

Ai fini del dimensionamento del bacinodi invaso è necessario in primo luogo determinare i parametri idrologici dell'intera area oggetto di intervento. Con riferimento alle procedure di calcolo indicate nei paragrafi precedenti, si riporta il calcolo del coefficiente di deflusso ponderato relativo all'intera area di intervento, ed i parametri idrologici "a" ed "n" dai quali ricostruire l'equazione di possibilità pluviometrica, derivanti dai dati ARPA disponibili e validi per un tempo di ritorno TR=200 anni.

Calcolo del coefficiente di deflusso ponderato per l'area scolante

AREE SCOLANTI A DESTINAZIONE PUBBLICA		
Tipologia del suolo	superficie mq	φ
Impermeabile	2.890.00	0.9
Totale area e coeff. di deflusso ponderato	2.890.00	0.9
a (KT 200) =	74.90	
n =	0.29	

I dati di cui alle tabelle precedenti sono necessari per stimare le portate di origine meteorica in arrivo alla rete di infiltrazione in corrispondenza di eventi eccezionali, caratterizzati da un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Il volume necessario all'accumulo si otterrà dal confronto tra le portate in ingresso e le portate che la rete di infiltrazione sarà in grado di smaltire.

Il modello semplificato prevede di considerare il contributo infiltrato dato dalla superficie drenante S del fondo del bacinodi invaso, la quale è caratterizzata da un coefficiente di permeabilità medio K espresso in m/s e funzione esclusivamente della capacità di infiltrazione del terreno in situ.

Il parametro progettuale K è stato fornito dal geologoe il valore stimato è di 10^{-4} m/s, propria di terreni ghiaiosi su base sabbiosa ad elevata permeabilità.

Nel calcolo si considera l'impronta realmente drenante attraversabile dalle portate di infiltrazione.

Calcolo della portate di infiltrazione del bacino drenante di progetto.

	BACINO DRENANTE sud-est	
Capacità di infiltrazione K	0.0001	m/s
Area base per infiltrazione	246.87	mq
Q infiltrazione area base	24.69	l/s

Considerando di scaricare una portata di 24.69 l/s, si può calcolare, tramite l'equazione seguente, il volume di invaso necessario relativo ad una determinata durata τ della precipitazione.

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \tau^n - Q_u \cdot \tau$$

dove:

W_i è il volume di invaso;

W_e è il volume in ingresso;

W_u è il volume in uscita;

S la superficie scolante;

φ coefficiente di deflusso medio dell'area;

τ è la durata della precipitazione.

La durata critica, ossia la durata per la quale si ha il massimo volume di invaso da rendere disponibile, si ottiene ponendo nulla la derivata prima, in funzione del tempo, dell'equazione sopra riportata.

Si ottiene dunque:

$$\tau_{cr} = \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e conseguentemente

$$W_{i_m} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

L'applicazione di tale metodo comporta una sopravvalutazione delle portate di piena in ingresso alla rete e conseguentemente dei volumi in invaso.

Non è necessario quindi procedere alla valutazione dei volumi di invaso per le diverse durate di precipitazione in quanto il metodo sopra esposto consente di ricavare sin da subito il massimo volume di invaso necessario, correlato alla durata critica dell'evento che dipende a sua volta dalle caratteristiche del bacino di scolo e del sistema di infiltrazione.

La tabella seguente illustra i risultati del calcolo del volume di accumulo da prevedere all'interno della rete di infiltrazione.

Calcolo del volume necessario all'invaso relativo al bacino di laminazione

VOLUME NECESSARIO ALL'INVASO		
	BACINO DRENANTE SUD-EST	
Portata scaricata totale	0.025	mc/s
Durata critica	0.53	ore
Volume di invaso minimo	114.96	mc
Tempo di svuotamento	1.29	ore

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche dimensionali del bacino a cielo aperto in progetto per l'invaso.

Calcolo dei volumi disponibili all'invaso all'interno del bacino.

BACINI DI INVASO	BACINO DRENANTE SUD-EST	
Area drenante bacino	246.87	mq
Quota media fondo bacino	159.47	m
Quota di massimo invaso	159.97	m
Quota piano campagna sponde	160.12	m
Franco di sicurezza	0.15	m
Tirante idrico h	0.50	m
VOLUME INVASATO BACINO	123.44	mc

3.1 Conclusioni

Verifica dei volumi disponibili all'invaso

VERIFICA VOLUMI DI INVASO		
Volume di invaso minimo	114.96	mc
Volume del bacino	123.44	mc

123,44 mc > 114.96 mc

Verifica soddisfatta

In conclusione, il bacino di invaso è stato verificato per eventi caratterizzati da un tempo di ritorno pari a 200 anni e per la durata critica di 0.53 h correlata al massimo invaso necessario.