

COMUNE DI  
CARMIGNANO DI BRENTA



# PIANO COMUNALE DELLE ACQUE

(CON PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI)

di  
CARMIGNANO DI BRENTA  
(provincia di Padova)

## RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

3							
2	01/2013	Seconda emissione	F.T.	F.T.	-	G.Z.	
1	05/2012	Prima emissione	F.T.	F.T.	-	G.Z.	
REV.	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE	ESEGUITO	VERIFICA TECNICA	VERIFICA SICUREZZA	APPROVATO	
SCALA:	UM:	FILE:	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	
-	-	PA-1112-A1					
<small>Ai sensi della legge sul diritto d'autore (L. 633 del 22/04/1941) è vietata la riproduzione, duplicazione, consegna a Terzi, anche parziale, del presente elaborato senza preventiva autorizzazione scritta dell'ing. Giuliano Zen. Tutti i loghi e i marchi utilizzati appartengono ai legittimi proprietari.</small>  ingegnere GIULIANO ZEN sede legale: 31037 - LORIA (TV) - via Cantoni di Sotto 35/a tel. 0423470471 - fax 0423470471 C.F. ZNEGLN59L21C111V - P.I. 01886560265			TIMBRO e FIRMA		LAVORO	1112	
					ELABORATO	A1	
					ANNO	2012-2013	
					ENTE	cm Carmignano PD	

## **INDICE**

<b>1 - INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2 – FASI DEL LAVORO</b>	<b>3</b>
<b>3 – SITUAZIONI IDROGRAFICHE CONSIDERATE</b>	<b>3</b>
<b>4 – CARATTERIZZAZIONE DEL PCA</b>	<b>4</b>
<b>5 – FASE CONOSCITIVA</b>	<b>5</b>
<b>5.1 - Analisi idrologiche</b>	<b>5</b>
<b>5.1.1 – Elaborazione dei dati pluviometrici</b>	<b>5</b>
<b>5.1.2 – Caratterizzazione climatica</b>	<b>6</b>
<b>5.1.2.1 – Precipitazione</b>	<b>6</b>
<b>5.1.2.2 – Temperatura</b>	<b>7</b>
<b>5.1.2.3 – Evaporimetria</b>	<b>8</b>
<b>5.1.2.4 – Soleggiamento</b>	<b>8</b>
<b>5.1.2.5 – Umidità</b>	<b>9</b>
<b>5.1.2.6 – Pressione atmosferica</b>	<b>9</b>
<b>5.1.3 – Altre caratterizzazioni e attività conoscitiva</b>	<b>9</b>
<b>5.1.3.1 – Caratterizzazione geografica</b>	<b>9</b>
<b>5.1.3.2 – Caratterizzazione pedologica</b>	<b>10</b>
<b>5.1.3.3 – Caratterizzazione idrogeologica</b>	<b>10</b>
<b>5.1.3.3.1 – Idrogeologia e vulnerabilità all'inquinamento</b>	<b>11</b>
<b>5.1.3.4 – Caratterizzazione morfologica</b>	<b>12</b>
<b>5.1.3.4.1 – Morfologia urbana</b>	<b>12</b>
<b>5.1.3.5 – Caratterizzazione geologica</b>	<b>13</b>
<b>5.1.3.6 – Idrografia</b>	<b>14</b>
<b>5.1.3.6.1 – Generalità</b>	<b>14</b>
<b>5.1.3.6.2 – Elementi idrografici</b>	<b>14</b>
<b>5.1.3.6.2.1 – Elementi idrografici pubblici principali e secondari</b>	<b>14</b>
<b>5.1.3.6.2.2 – Elementi idrografici terziari a valenza pubblica</b>	<b>15</b>
<b>5.1.3.6.2.3 – La rete di fognatura bianca</b>	<b>15</b>
<b>5.2 – Aree soggette ad alluvionamenti</b>	<b>17</b>
<b>5.3 – Opere di mitigazione idraulica</b>	<b>19</b>
<b>6 – FASE PROPOSITIVA</b>	<b>19</b>
<b>6.1 – Indirizzi generali</b>	<b>19</b>
<b>6.2 – Analisi idraulica</b>	<b>20</b>
<b>6.2.1 – Il modello della corrivazione</b>	<b>20</b>
<b>6.2.2 – Specifiche sul modello della corrivazione utilizzato</b>	<b>23</b>
<b>6.2.2.1 – Le curve di precipitazione usate nei calcoli idraulici</b>	<b>25</b>
<b>6.2.2.2 – Il tempo di scorrimento superficiale</b>	<b>25</b>
<b>6.2.2.3 – Stima della portata massima a moto uniforme</b>	<b>26</b>
<b>6.2.2.4 – Stima delle perdite di portata (inondazioni)</b>	<b>27</b>
<b>6.2.2.5 – La gestione dei flussi di piena nelle giunzioni</b>	<b>28</b>
<b>6.2.2.6 – La determinazione del coefficiente di afflusso</b>	<b>29</b>
<b>6.2.2.7 – La determinazione del coefficiente di diffusione</b>	<b>30</b>
<b>6.2.2.8 – Gruppi idrologici di suolo</b>	<b>30</b>
<b>6.2.2.9 – Valori CN caratteristici</b>	<b>31</b>
<b>6.2.3 – Implementazione numerica</b>	<b>32</b>
<b>7 – FASE PROGETTUALE</b>	<b>33</b>
<b>7.1 – Generalità</b>	<b>33</b>
<b>7.2 – Indirizzi e progettualità</b>	<b>34</b>
<b>7.2.1 – La priorità degli interventi</b>	<b>34</b>

<b>7.2.2 – Caratterizzazione degli interventi programmati</b>	34
<b>7.2.2.1 – Approfondimenti sulla trincea lineare drenante manutentabile</b>	35
<b>7.2.3 – Le elaborazioni idrauliche</b>	37
<b>7.2.4 – La manutenzione</b>	39
<b>7.2.5 – Indirizzi amministrativi e normative</b>	39
<b>7.2.5.1 – Normative di settore</b>	40
<b>7.2.5.2 – Bozza di Normativa idraulica comunale</b>	40

## 1 - INTRODUZIONE

Il presente Piano Comunale delle Acque (PCA) illustra il sistema delle vie d'acqua di pioggia in Carmignano di Brenta, evidenzia le problematiche di pericolosità idraulica e definisce, con dettaglio da progetto preliminare, le opere necessarie a mettere in sicurezza idraulica il territorio comunale.

Il PCA costituisce strumento di organizzazione con riferimento alla gestione delle vie di acqua di pioggia e costituisce strumento programmatico di esecuzione e manutenzione di opere pubbliche destinate a permettere il rientro dalle criticità idrauliche in essere nel territorio comunale. La pericolosità idraulica presa in considerazione dal presente PCA è quella correlata a vie d'acqua di secondaria importanza o urbane e comunque aventi caratteristiche idrauliche non superiori alla tipologia irrigua o di bonifica.

## 2 – FASI DEL LAVORO

Il PCA di Carmignano di Brenta è stato predisposto attraverso una fase conoscitiva, una fase propositiva ed una fase progettuale.

Nella fase *conoscitiva* vengono riassunte le informazioni di natura idrologica ed idrografica, relative alla rischiosità idraulica in essere. La fase *conoscitiva* organizza le informazioni acquisite e provvede alla caratterizzazione del comportamento del territorio in situazione di forte evento pluviometrico al variare del tempo di ritorno. I tempi di ritorno considerati sono:

a) 1, 20 e 50 anni per l'acquisizione del comportamento delle reti di drenaggio sia nella situazione attuale che nella situazione di progetto;

b) 100 anni per la verifica del comportamento delle reti di drenaggio, in riferimento alla situazione attuale e in riferimento alla situazione di progetto.

La fase *propositiva* opera le scelte strategiche e definisce gli indirizzi seguiti nella fase *progettuale*.

La fase *progettuale* programma e specifica, a livello di progetto preliminare, i lavori destinati a portare a rientro le criticità idrauliche in essere sul territorio comunale. La fase *progettuale* è stata sviluppata tenendo conto che gli interventi definiti non devono trasferire o spostare verso territori di valle le eventuali problematiche di natura idraulica risolte.

## 3 – SITUAZIONI IDROGRAFICHE CONSIDERATE

Nell'elaborazione del PCA si sono presentate le seguenti situazioni:

a) via d'acqua principale con bacino idrografico esterno e priva di collegamenti funzionali col territorio comunale. Nel caso di Carmignano il riferimento principale è il fiume Brenta, ovviamente non considerato in quanto a valenza regionale e con pericolosità idraulica e rischio idraulico già valutati dall'Autorità di Bacino. La stessa Autorità di Bacino ha già normato e caratterizzato gli interventi possibili nei territori comunali direttamente afferenti al fiume Brenta.

b) Come il caso a) ma con derivazioni/immissioni dalla/alla via d'acqua principale. Rientrano in questa categoria le rogge Molina a Carmignano, Grimana Nuova e Rezzonico. In questo caso, nella fase conoscitiva, sono state determinate alcune sezioni caratteristiche in numero sufficiente a valutare le portate massime assorbibili dalle rogge stesse in tal modo dimostrando che eventuali nuove immissioni su dette rogge non peggiorano il corrispondente comportamento idraulico.

c) Via d'acqua che origina entro il territorio comunale e che esce dal territorio comunale senza subire rigurgiti da valle. Si tratta prevalentemente di rogge ad utilizzo misto (irrigazione e bonifica).

d) Via d'acqua che origina entro il territorio comunale e che esce dal territorio comunale subendo rigurgiti da valle. Le uniche vie d'acqua che rientrano in questa categoria in Carmignano sono i fossati nord e sud lungo la via Postumia (scoline stradali) in corrispondenza al confine occidentale del Comune.

e) Via d'acqua che origina entro il territorio comunale e che in situazione di piena trasferisce problematiche idrauliche in parte o del tutto ai territori di valle. Si tratta fondamentalmente delle rogge Friga, Bissara e Zordana. Nella fase progettuale si è posta particolare attenzione affinché, a PCA completamente attuato, la somma delle portate di punta in uscita attraverso queste rogge e attraverso le vie d'acqua del caso b), risulti minore o uguale rispetto alla situazione attuale.

f) Via d'acqua che origina entro il territorio comunale e che in situazione di piena non trasferisce problematiche idrauliche ai territori di valle in quanto nell'ambito stesso di riferimento del PCA i fenomeni alluvionali "risolvono" localmente i problemi connessi alla concentrazione dei flussi di piena. Si tratta fondamentalmente di ampie parti del territorio urbano di Carmignano gestito da un sistema fognario allo stato attuale relativamente insufficiente e deficitario; le scelte operate nella fase progettuale riducono e, in alcuni casi, annullano la pericolosità idraulica senza "trasportare" gli eventi alluvionali verso valle in ambito extra comunale.

#### **4 – CARATTERIZZAZIONE DEL PCA**

Le "Linee Guida" predisposte dalla Provincia di Padova prevedono due tipologie di Piano Comunale delle Acque a seconda che territorio sia interessato da pericolosità idraulica di "trascurabile, basso o medio livello" ovvero il territorio sia interessato da pericolosità idraulica di "alto livello". Tenuto conto della consistenza delle aree interessate da fenomeni alluvionali significativi in rapporto all'intera superficie comunale (le aree interessabili da fenomeni alluvionali risultano inferiori al 30% dell'intera superficie comunale, vedi tavola **B8**) si è sviluppato un PCA di primo livello. La consistenza delle aree interessate da fenomeni alluvionali è stata definita nella fase conoscitiva.

## 5 – FASE CONOSCITIVA

### 5.1 - Analisi idrologiche

L'elaborazione dei dati pluviometrici si esegue ricercando la relazione fra altezza  $h$  delle precipitazioni e la loro durata  $t$ . Le relazioni  $h=h(t)$  sono generalmente nella forma a due parametri (tipo  $h=at^n$ ) o a 3 parametri (tipo  $h=at(b+t)^c$ ); le curve che si ottengono sono dette *Curve Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica* (CSPP). L'analisi pluviometrica viene fatta tenendo conto del cosiddetto tempo di ritorno  $T_R$ , cioè di quel periodo nel quale un determinato evento pluviometrico è mediamente uguagliato o superato.

#### 5.1.1 – Elaborazione dei dati pluviometrici

Per determinare le CSPP relative alla zona di Carmignano di Brenta sono stati inizialmente utilizzati i dati deducibili dalla tabella III e dalla tabella V degli Annali Idrologici, pubblicati annualmente a cura del Servizio Idrografico e Mareografico della Presidenza del Consiglio dei Ministri, con riferimento alla stazione pluviometrica di Cittadella (la più vicina alla zona in oggetto). La tabella III degli Annali riporta i valori più elevati di precipitazione registrate nell'anno per 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive; la tabella V degli Annali riporta il valore, la durata e la data delle precipitazioni di maggiore intensità e di breve durata registrate dai pluviografi. Per la stazione di Cittadella i dati disponibili comprendono, in modo discontinuo, gli anni dal 1934 al 1994; si è quindi provveduto ad integrare i dati mancanti fino al 2007, utilizzando i dati di precipitazione massima annuale per data durata ottenuti attraverso l'ARPAV di Teolo, in riferimento sempre alla stazione di Cittadella. Sono state successivamente elaborate le piogge di *scroscio* ed *intense* per "blocchi" di 3 durate (0,25- 0,50-0,75 ore, 0,50-0,75-1 ore, 0,75-1-3 ore) e le piogge *orarie* sempre per "blocchi" di 3 durate (1-3-6 ore, 3-6-12 ore, 6-12-24 ore) con la distribuzione di probabilità *generalizzata dei valori estremi* (*Generalized Extreme Value = GEV*) con adattamento secondo il metodo dei *Momenti Pesati in Probabilità (MPP)* e validando le elaborazioni attraverso i *test statistici* parametrici del  $\chi^2$  e di *Kolmogorov-Smirnov*. Infine sono state determinate le CSPP a 2 parametri e a 3 parametri nella forma espressa in precedenza attraverso regressioni ai minimi quadrati.

Successivamente si è provveduto a confrontare i dati di precipitazione, ottenibili a parità di durata di pioggia ed a parità di  $T_R$  dalle curve cercate, con quelli ottenibili dalle CSPP determinate nello studio del "Commissario Delegato emergenza eventi eccezionali del 26/09/2007" raccolte nel lavoro "Analisi Regionalizzata delle Precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento" realizzato nel 2009. Dal citato elaborato relativamente alla zona interna nord-occidentale, che risulta la più vicina in linea d'aria al Comune di Carmignano di Brenta, è possibile derivare la curva delle precipitazioni massime annue nella forma a 3 parametri  $h=at/(b+t)^c$  e nella forma a 2 parametri  $h=at^n$ .

Il confronto fra le CSPP riconducibili alla stazione di Cittadella e le CSPP riconducibili all'analisi regionale afferente la "zona interna nord-occidentale", ha evidenziato, a parità di tempo di pioggia ed a parità di tempo di ritorno della stessa, che i valori maggiori di precipitazione sono ottenibili dalle CSPP del "Commissario Delegato". Per tale motivo si è proceduto alle elaborazioni idrauliche del PCA di Carmignano di Brenta utilizzando le curve del "Commissario Delegato"; rielaborando queste ultime si è

infine determinata la CSPP che lega altezza **h** di pioggia alla durata **t** della stessa ma anche al tempo di ritorno **T<sub>R</sub>** nella forma

$$h = aT_R^b t / ((cT_R^d + t)^e (eT_R^f))$$

essendo

**h** = altezza di precipitazione (*mm*)

**t** = durata della precipitazione (*ora*)

**T<sub>R</sub>** = tempo di ritorno della precipitazione (*anno*)

**a** = 37,1

**b** = 0,195

**c** = 0,119

**d** = 0,093

**e** = 0,810 ed

**f** = -0,012.

Le elaborazioni riassunte in precedenza sono state molto “lunghe” ed hanno richiesto la predisposizione di codici di programma specifici. Pur tuttavia si ritiene che una analisi statistico-probabilistica compiuta ed esaustiva è fondamentale in quanto, mentre per i dati rilevati in passato si può definire la “frequenza”, intesa come numero di volte in cui un evento si è presentato in una serie di manifestazioni, per i dati futuri è obbligatorio passare attraverso il concetto di “probabilità”, ovvero di rapporto tra il numero di casi favorevoli al verificarsi di un certo evento ed il numero dei casi ugualmente possibili.

## 5.1.2 – Caratterizzazione climatica

La caratterizzazione climatica del territorio di Carmignano di Brenta è stata predisposta con l’obiettivo di fornire un supporto decisionale oggettivo nella scelta del modello idraulico di calcolo e definire i corrispondenti limiti di applicazione.

Il clima di Carmignano di Brenta rientra nella tipologia mediterranea pur presentando alcune caratteristiche tipicamente continentali legate alla posizione climatologica di transizione; in particolare inverni rigidi ed estati calde e umide.

### 5.1.2.1 – Precipitazione

I dati seguenti sono stati ricavati dall’ARPAV di Teolo. La tabella seguente riguarda la stazione della vicina Cittadella e presenta le precipitazioni mensili fra il 1996 e il 2005.

Precipitazione (mm) somma

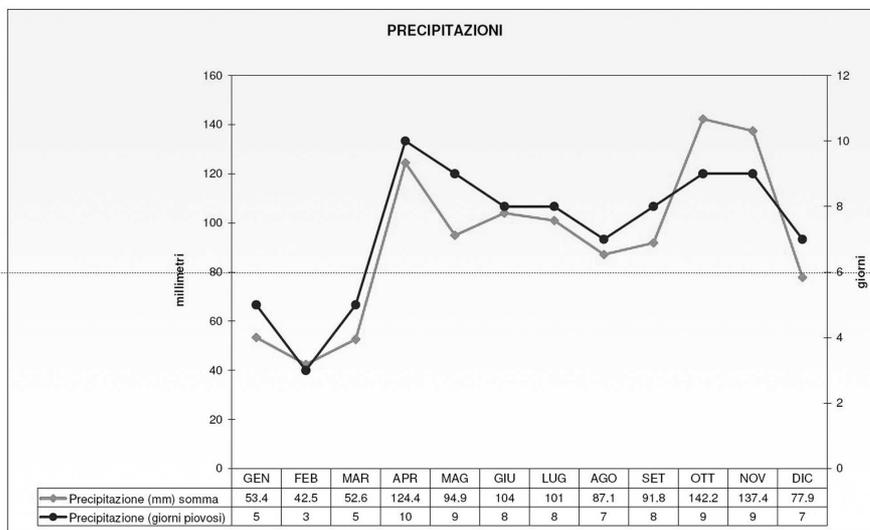
Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1996	96.8	40.4	13.6	107.6	131	68.6	67.6	165.8	54.6	159.6	135.4	87.4
1997	88	1.6	5.6	52.6	64.2	75.4	97.4	50.8	16.8	17	131	163.8
1998	35.2	28.6	4.4	161.2	39.8	178.6	26.6	8.4	131	254.6	17.6	13
1999	46.2	9.6	7.6	129.6	124	107.4	111	102.2	91	145.4	132.6	56.2
2000	1.8	4.4	94.6	67.6	85.2	78.2	61.2	76	138.6	211.4	287.4	70.2
2001	116.8	13.2	197.6	93.2	44	24.4	200.8	60.2	91.4	60.6	53.4	11
2002	38.2	108.8	18	227.8	202.4	183.4	157.2	168.4	111.8	111	143.4	78.8
2003	71.2	6.6	1.6	121.4	37	126.4	43.4	19.2	29.2	92	177.2	135.8
2004	37	210.6	87.6	94	142.2	110.8	82	69.8	123.6	163.8	113	109.2
2005	2.8	0.8	25.2	190.2	79	89.2	162.6	147.8	129.6	207	183.2	63.2
<b>Medio mensile</b>	53.4	42.5	52.6	124.4	94.9	104	101	87.1	91.8	142.2	137.4	77.9

Il valore mensile è la somma valori giornalieri.

Il valore somma annuale è la somma dei valori mensili.

Il valore medio mensile è il valore medio dei valori mensili degli anni.

La piovosità media annua è di circa 1.100 mm; il mese più piovoso è normalmente ottobre, quello meno piovoso febbraio. Dal punto di vista stagionale le piogge maggiori si verificano in autunno e in misura minore in primavera; l'inverno è la stagione con meno precipitazioni.

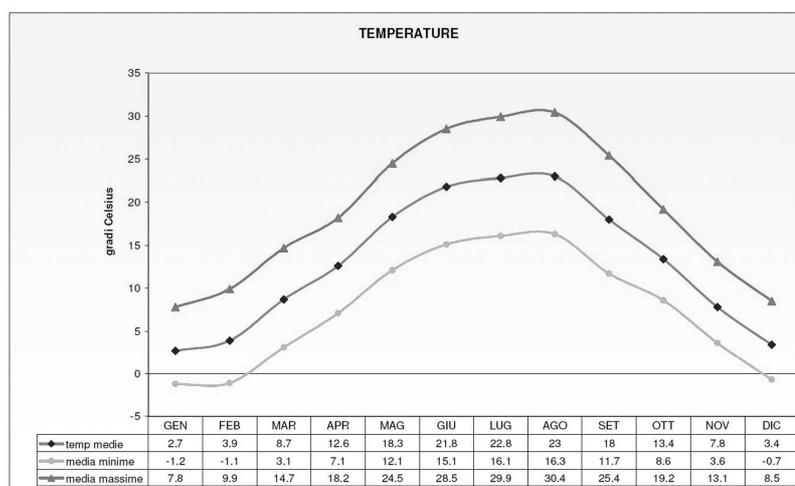


Fonte dati: Arpav

L'andamento della precipitazione nell'anno medio indica un "tipo" pluviometrico intermedio fra il sublitoraneo alpino e il sublitoraneo appenninico con prevalenza del sublitoraneo appenninico (due massimi ricadenti in primavera inoltrata e in autunno con un minimo secondario invernale).

### 5.1.2.2 – Temperatura

Carmignano di Brenta presenta una temperatura media annua di 13°C. I dati seguenti sono stati ricavati dall'ARPAV di Teolo; la tabella riguarda la vicina stazione di Cittadella e presenta le medie mensili di temperatura fra il 1996 e il 2005.



Fonte dati: Arpav

La differenza tra la temperatura media del mese più caldo e quella del mese più freddo è di poco più di 20 °C da cui il clima di Carmignano risulta classificabile come

“continentale”. L’andamento delle medie e degli estremi stagionali ed assoluti in un intervallo temporale maggiore (dal 1955 al 2005) è inquadrabile come da tabella seguente (dati relativi alla stazione di Vicenza):

	T normale (°C)	T medio (°C)	T mass. (°C)	T min. (°C)
Inverno	5,0	5,8	18,2	-2,6
Primavera	17,1	16,7	26,3	7,7
Estate	21,9	21,6	29,6	12,8
Autunno	8,6	7,7	18,5	-0,5

La temperatura massima assoluta misurata è di +39 °C mentre la minima assoluta misurata è di -20 °C.

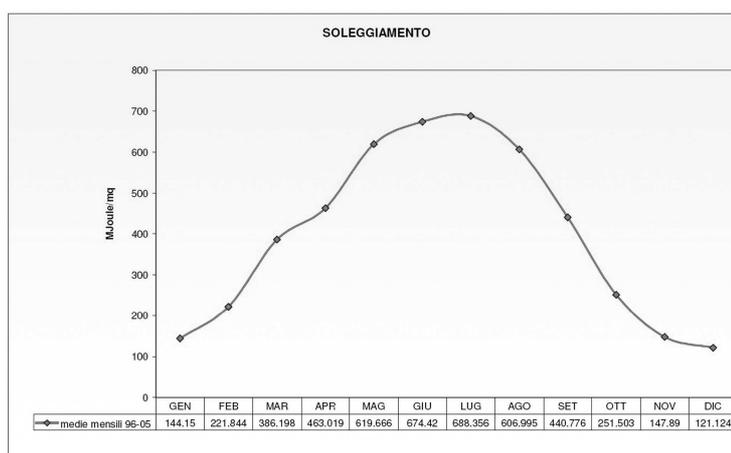
### 5.1.2.3 – Evaporimetria

L’evapotraspirazione è l’effetto concomitante dell’evaporazione e della traspirazione delle piante. La stessa è distinguibile fra evapotraspirazione “reale” ed evapotraspirazione “potenziale” essendo la seconda riconducibile ad una copertura vegetale fornita di una “ottimale” quantità d’acqua che massimizza la crescita mentre la prima è quella tipica di una fornitura d’acqua in condizioni normali.

L’evapotraspirazione reale in Carmignano di Brenta, espressa in valori assoluti ovvero in *mm* di acqua varia annualmente fra i 600 e i 650 *mm*.

### 5.1.2.4 – Soleggiamento

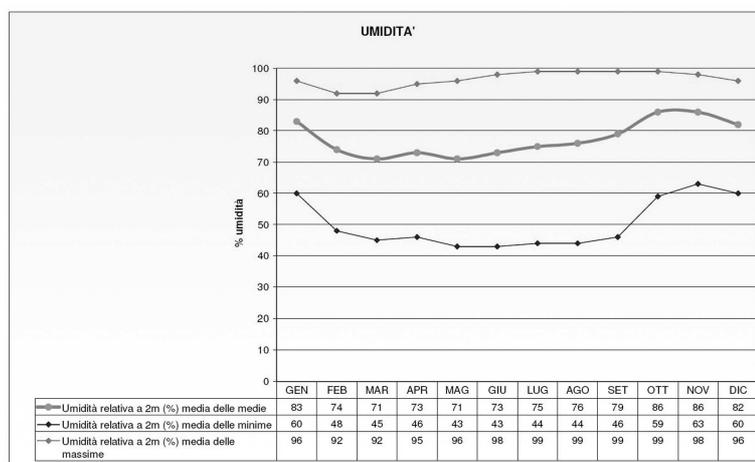
I dati seguenti sono stati ricavati dall’ARPAV di Teolo. La tabella seguente riguarda la stazione della vicina Cittadella.



Il mese più soleggiato risulta normalmente Luglio mentre quello meno soleggiato è Dicembre.

### 5.1.2.5 – Umidità

I dati seguenti sono stati ricavati dall'ARPAV di Teolo. La tabella seguente riguarda la stazione della vicina Cittadella.



Il mese più umido è normalmente ottobre mentre quello meno umido è normalmente marzo.

### 5.1.2.6 – Pressione atmosferica

Si illustrano i dati medi relativi a Venezia nel periodo compreso fra il 1960 e il 2005.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Valore normale (mmHG)	763,4	762,3	761,7	760,3	761	761,7	761,9	761,7	763,4	763,9	763,2	763,1	762,3
Escursione media mensile (mmHG)	26,4	27,6	23,9	20,3	15,2	13,4	13,0	13,8	15,9	20,9	25,1	27,6	20,6

## 5.1.3 – Altre caratterizzazioni e attività conoscitiva

### 5.1.3.1 – Caratterizzazione geografica

Carmignano di Brenta è situato in provincia di Padova, in destra Brenta. Confina a nord e nord-ovest con Pozzoleone (VI), ad ovest con San Pietro in Gu, a sud con Grantorto, ad est con Fontaniva e a nord-est con Cittadella. L'estensione territoriale è di circa 1470 ha. Il Comune si allunga nella direzione nord-sud per circa 6 km, nella direzione est-ovest per circa 4 km.

Il Comune presenta un nucleo abitato centrale (con la sede municipale) e centri minori periferici (Camazzole, San Giovanni, Borghi, Colombare, Spessa, Ospitale di Brenta, Boschi e Ponte d'Asse). In ambito agricolo esistono moltissime abitazioni e volumi edilizi rustici sparsi.

Lo sviluppo antropico è condizionato dalla struttura viaria e dalla idrografia principale. La ex SS53 (via Postumia) si allunga in direzione da est/nord-est a ovest/sud-

ovest parallelamente alla linea ferroviaria Vicenza-Treviso. Le direzioni di sviluppo antropico sono inoltre condizionate ad est dalla presenza degli argini del Brenta.

### 5.1.3.2 – Caratterizzazione pedologica

Il territorio comunale (vedi tavola **B6**) presenta una fascia centrale costituita da terreni sabbiosi mentre verso la periferia prevalgono terreni sabbioso-limosi; in zone molto circoscritte i terreni assumono caratteristiche sabbioso-argillose. In ogni caso prevale un contesto sabbioso-limoso o sabbioso soprattutto in termini di tessitura.

Lo spessore del terreno agrario varia fra i 30-35 *cm* ai 40-50 *cm*; in casi limitati è segnalata la presenza di spessori variabili fra i 60 e i 70 *cm*. Nelle zone ove lo spessore si riduce i terreni presentano uno scheletro ghiaioso che riduce la fertilità ma riduce anche la capacità idrica a favore del drenaggio. Nella maggior parte dei casi comunque, al di sotto della coltre vegetale, sono rinvenibili agglomerati di terreno molto permeabili quali sabbie e non di rado ghiaie.

Il fabbisogno irriguo varia nell'anno fra periodi di eccedenza idrica (normalmente gennaio, febbraio, marzo, novembre e dicembre) a periodi in cui viene restituita la "riserva" (normalmente da marzo a giugno), a periodi in cui deve essere ricostituita la "riserva" (settembre e ottobre) infine a periodo in cui permane il deficit idrico (normalmente da aprile ai primi di settembre).

I fabbisogni idrici sono attualmente garantiti all'agricoltura da una fitta rete di rogge, da canalette adduttrici e distributrici, che traggono gli apporti da derivazioni dal fiume Brenta, da risorgive ma anche da sollevamenti dalla prima falda.

### 5.1.3.3 – Caratterizzazione idrogeologica

La situazione strutturale e la granulometria del materasso alluvionale condizionano le caratteristiche idrogeologiche esistenti nel sottosuolo. Carmignano è situata nella zona di transizione tra l'alta e la media pianura veneta; siamo in presenza di un sistema di falde multistrato sovrapposte derivanti da una grande falda freatica posta a nord. La falda sub-superficiale, specialmente in corrispondenza a locali depressioni del terreno, può emergere dando origine a fenomeni di risorgenza (risorgive) che si esplicano generalmente entro una fascia ben delimitata.

L'acquifero superficiale è il livello più elevato di un sistema di falde multistrato presenti nel sottosuolo comunale, In determinate situazioni tale falda assume carattere "saliente"; infatti la superficie piezometrica si può trovare in equilibrio al di sopra del livello di ritrovamento qualora i materiali dell'acquifero siano sormontati da terreni resi impermeabili dalla presenza, ad esempio, di materiali più fini. Tale fenomeno viene sperimentalmente verificato in genere nella parte sud-occidentale del territorio e comunque in quelle parti di territorio ove è presente in quantità non trascurabile area limosa e/o limo-sabbiosa. Ad esempio, se una trincea esplorativa con evidenza della falda a 1,5-2 *m* di profondità la risalenza può portare la stessa a 1-1,5 *m* di profondità. Se non si verifica la risalita del livello piezometrico si è ovviamente in presenza di una falda di tipo freatico a pelo libero.

Nel caso citato è necessario distinguere tra la profondità del piano dell'acquifero e quella raggiungibile dalla falda qualora non ne fosse impedito il movimento da uno strato impermeabile sovrastante. Nel secondo caso la variazione del livello di falda dipende dalle modalità di alimentazione e di drenaggio della falda stessa.

La tavola **B7** illustra l'andamento delle linee isofreatiche con la relativa quota sul medio mare (è indicata anche la posizione indicativa del limite superiore della fascia delle risorgive). L'andamento visualizzato può essere considerato "medio annuo" relativamente significativo con possibilità di escursione variabile fra 50 e 100 *cm*. Le linee principali di deflusso delle acque sotterranee assumono una direzione secondo l'asse nord-nord-ovest/sud-sud-est con immersione verso la direzione sud-est. Il gradiente varia fra 2 *m/km* a 5 *m/km*.

La tavola **B7** illustra l'andamento della profondità della falda rispetto al piano campagna; come si può osservare gran parte del territorio è caratterizzato da una falda sub-superficiale con profondità variabili fra 0 e 2 *m*; verso la parte orientale si osserva un progressivo abbassamento del livello dell'acquifero in conseguenza del drenaggio indotto dal fiume Brenta.

La caratterizzazione idrogeologica di Carmignano non può comunque considerarsi esaustivamente spiegata dal quanto esposto in quanto nel territorio i livelli reali di falda possono localmente differenziarsi in conseguenza di particolari situazioni stratigrafiche sub-superficiali ed a causa dei già citati fenomeni di risalienza.

La citata prima falda è anche la più utilizzata (per usi idropotabili, per usi irrigui o anche per usi industriali). Le profondità medie di attingimento sono minori nella parte meridionale di Carmignano (da 3 a 5 *m*) e maggiori (anche 15 *m*) nella parte settentrionale. Va precisato che il rimpinguamento della falda origina dalle dispersioni del Brenta in corrispondenza al suo sbocco in Pianura, mentre a Carmignano possiamo affermare che la falda a grandi linee "rifluisce" verso lo stesso fiume Brenta; ciò si può indirettamente osservare anche dal fatto che il livello dell'acqua nel "bacino Giaretta" è maggiore del livello dell'acqua nel vicino Brenta.

Per quanto riguarda i fenomeni di risorgiva va precisato che negli ultimi anni la caratterizzazione della "fascia delle risorgive" è andata profondamente cambiando soprattutto a seguito del fenomeno di abbassamento della falda freatica.

#### **5.1.3.3.1 – Idrogeologia e vulnerabilità all'inquinamento**

La caratterizzazione idrogeologica del sottosuolo di Carmignano evidenzia una elevata vulnerabilità degli acquiferi ai fenomeni di inquinamento (particolarmente ai carichi inquinanti immessi nel terreno); il fenomeno è potenzialmente tanto più rilevante quanto più la falda è elevata e quanto più i terreni sono assimilabili a ghiaie o sabbie.

In Carmignano è quindi rilevante il "controllo" degli scarichi civili ed industriali, il "controllo" degli impianti di depurazione e degli impianti di scarico delle aziende agro-industriali, il "controllo" dei nitrati utilizzati in agricoltura.

### **5.1.3.4 – Caratterizzazione morfologica**

L'area di Carmignano è situata a cavallo fra l'alta e la media pianura veneta; prevale una morfologia pianeggiante con acclività medie variabili fra 2 *m/km* e 5 *m/km*, immergenti verso sud/sud-est in maniera sostanzialmente omogenea. Le quote sul medio mare variano fra i 40 e i 60 *m*.

Le divagazioni libere in situazione di piena, da parte del fiume Brenta in epoche remote, hanno condizionato l'aspetto morfologico del paesaggio; le sistemazioni arginali realizzate nell'ultimo secolo hanno in qualche modo "fissato" e caratterizzato il paesaggio lungo il Brenta.

In Carmignano sono presenti un lembo terminale di un "meandro relitto" in località Colombare ed una fascia trasversale, da nord-ovest a sud-est, che taglia grossomodo simmetricamente il territorio costituente la fascia delle risorgive. La presenza di questa fascia influisce sulla differenziazione delle caratteristiche dei terreni per la presenza di terreni discontinui (sabbie, limi, argille) entro sedimenti prevalentemente ghiaiosi, ma influisce anche sui fenomeni di risalienza della falda in ragione della variazione di trasmissività idraulica dei terreni per la presenza di materiali più minuti e meno permeabili.

Una grossa parte del territorio di Carmignano è compresa entro gli argini del Brenta. La porzione di territorio posizionata entro gli argini del Brenta si presenta fortemente dissestata in conseguenza dell'intensa attività estrattiva. Il paesaggio è caratterizzato da estese e profonde escavazioni con scassi spesso sotto il livello di falda; esistono limitate zone pianeggianti su cui insistono alcune aziende agricole sparse.

#### **5.1.3.4.1 – Morfologia urbana**

In Carmignano il territorio è suddivisibile fra una parte appartenente al sistema ambientate e agricolo (urbanizzata localmente e in modo discontinuo) ed una parte urbanizzata in modo continuo, cioè occupata da aree edificate e relative attrezzature e infrastrutture. Altre zone, pur non essendo urbanizzate, non possono neppure considerarsi appartenenti al sistema ambientale e agricolo (ambiente peri-urbano).

Storicamente Carmignano si è sviluppata soprattutto con la frazione capoluogo, rispetto all'originario nucleo urbano, in maniera relativamente omogenea in tutte le direzioni; questo processo di sviluppo nel tempo ha inglobato anche i sedimi del sistema delle rogge irrigue (nel tempo via via sempre più tombinate e divenute di fatto vie d'acqua a struttura "mista" in quanto gestiscono sia l'irrigazione che l'allontanamento dell'acqua di pioggia).

La morfologia urbana nelle aree urbanizzate di Carmignano è rappresentata dalle seguenti tipologie:

a) case isolate o piccoli condomini con viabilità a doppia carreggiata nelle aree di espansione costruite negli ultimi anni; la rete di drenaggio della fognatura bianca risulta relativamente ben sviluppata e collocata su suolo pubblico o ad uso pubblico (via Bellini, via Canova, via Petrarca, ecc...). In caso di drenaggio recapitato a "perdenti" gli anelli di dispersione sono normalmente collocati sotto le aree verdi (es. ad ovest di Piazza San Francesco) ovvero direttamente sotto il piano stradale (es. "laterali" di Viale Europa);

b) case singole o piccoli condomini con viabilità costituita da carreggiata stretta e assenza di marciapiedi; soprattutto nei nuclei urbani più datati come la zona a nord di via Carducci, le zone del quartiere Borghi a cavallo di via Dante, ecc...; la rete di drenaggio della fognatura bianca è relativamente poco sviluppata ma comunque collocata su suolo pubblico o ad uso pubblico;

c) case singole sviluppate lungo una viabilità principale con carreggiata a doppio senso di circolazione e presenza sporadica o nulla di marciapiedi; rete di drenaggio della fognatura bianca praticamente “assente” con drenaggio, in situazione di forte precipitazione, gestito soprattutto attraverso “deflusso superficiale” con scarico diretto a piccole scoline o aree verdi permeabili collocate a lato della viabilità (es. via Spessa, via Trento nel tratto centrale, ecc...);

d) aree industriali sviluppate con propria viabilità, ampie carreggiate e zone a servizi (parcheggio, spazi sosta e marciapiedi); rete di drenaggio sviluppata e in genere con scarico diretto in zona nel primo suolo attraverso “perdenti”.

### 5.1.3.5 – Caratterizzazione geologica

La litologia dei terreni compresi entro i primi metri di profondità è prevalentemente caratterizzata da sabbie e ghiaie, localmente da sabbie limose e limi, in rari casi da limi argillosi. Sotto questa fascia (quantificabile in 3-5 *m*) si rinvengono normalmente materiali ghiaiosi-sabbiosi grossolani fino ad una profondità di 10-15 *m* (localmente anche 40-60 *m*). Molto raramente sono rinvenibili livelli limo-argillosi a livelli sub superficiali attorno ai 4-6 *m* dal piano campagna.

Approfondiamo la situazione geolitologica sub-superficiale per i primi 4 *m* di profondità:

→ terreni prevalentemente ghiaiosi, ghiaiosi sabbiosi o sabbioso ghiaiosi. Sono il litotipo prevalente sul territorio comunale ed aumentano arealmente al procedere della profondità (in linea generale si può dire che sotto i 250 *cm* si rinvengono “esclusivamente” detti materiali).

→ terreni prevalentemente sabbiosi. Diventano prevalenti nella parte del territorio comunale a sud-ovest del nucleo abitato di Carmignano centro (vedi tavola **B6**); prevalgono a profondità comprese fra 150 e 200 *cm*.

→ terreni prevalentemente limosi o limosi-sabbiosi. Si rinvengono solo a debole profondità (indicativamente fra i 50 e i 250 *cm*) con decremento areale progressivo all'aumentare della profondità. Si possono rinvenire prevalentemente nella parte sud-occidentale, in una parte ancor minore del margine sud-orientale e in una fascia relativamente limitata (estesa prevalentemente in direzione est-ovest) in corrispondenza ai margini meridionali dell'abitato di Camazzole (vedi tavola **B6**).

## 5.1.3.6 – Idrografia

### 5.1.3.6.1 – Generalità

L'elemento idrografico principale di Carmignano è il fiume Brenta (vedi tavola **B2**). Dal fiume Brenta, prevalentemente in Comuni di monte, nascono complesse reti irrigue destinate a garantire l'apporto idrico di emergenza alle attività agricole.

### 5.1.3.6.2 – Elementi idrografici

#### 5.1.3.6.2.1 – Elementi idrografici pubblici principali e secondari

L'allegato **B2** (rete idrografica principale) riporta i corsi d'acqua di tipo pubblico, riassunti nella tabella seguente:

Denominazione	Competenza	Categoria
Fiume Brenta	Autorità di Bacino	Classificato. Seconda specie.
R. Acqua del Bosco	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Bissara	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Casona	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Comunella	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Degora	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Fontanon	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Friga	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Grimana Nuova	C.B. Brenta	Non classificato (tipo principale, funzione mista)
R. Grimanella	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Lama	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Lupia	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Maggiore	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Molina a Carmignano	C.B. Brenta	Non classificato (tipo principale, funzione mista)
R. Monella	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Ometto-Grimanella	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Porella	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Quaranta	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione irrigua)
R. Rezzonico	C.B. Brenta	Non classificato (tipo principale, funzione mista)
R. Riello Sinistra	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Sesso	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)
R. Spessa	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione irrigua)
R. Zordana	C.B. Brenta	Non classificato (tipo secondario, funzione mista)

I risultati "generalì" della ricognizione sono riassunti nella tabella seguente:

TIPO	LUNGHEZZA	DENSITA TERRITORIALE
Consortile principale intubato	1.025 m	0,070 km/km <sup>2</sup>
Consortile principale pelo libero	17.020 m	1,162 km/km <sup>2</sup>
Consortile secondario intubato	12.930 m	0,883 km/km <sup>2</sup>
Consortile secondario pelo libero	20.610 m	1,407 km/km <sup>2</sup>
Complessivamente	51.585 m	3,521 km/km <sup>2</sup>

Per la gestione "amministrativa" del Brenta vale il testo unico sulle opere idrauliche approvato con R.D. 25/07/1904 n°523; per le altre vie d'acqua consorziali (non classificate) vale il R.D. testo unico R.D. 368/1904.

Il sedime delle rogge principali e secondarie è in genere di proprietà pubblica; si tratta prevalentemente di canali scavati in terra ovvero tratti tombinati, relativamente brevi, di norma a sezione rettangolare (scatolari). L'utilizzo delle rogge è prevalentemente irriguo mentre le rogge principali e secondarie che ricevono immissioni da fognatura bianca assumo valenza promiscua (irrigua+bonifica).

Le rogge rilevate sono interessate da un numero elevatissimo di opere idrauliche (sostegni, paratoie, sfioratori, troppo pieni, ecc...), praticamente tutte destinate alla gestione dell'acqua di irrigazione (turnazioni irrigue) e alla rimozione del materiale trasportato in sospensione (griglie e sfioratori).

### 5.1.3.6.2.2 – Elementi idrografici terziari a valenza pubblica

A completare la rete irrigua esiste una fitta rete di adduttrici e distributrici alimentate dalle rogge indicate al paragrafo precedente e da vari impianti di sollevamento dell'acqua di falda (vedi tavole da **B3/1** a **B3/7**). Costituiscono la rete dei cosiddetti “canali terziari”:

Denominazione	Competenza	Categoria
R. Acqua del Bosco	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
C. Pz. Belvedere	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Battistella	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Bianchi	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
R. Bissara	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Campagna Vecchia	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Canaia	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Colonie	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Fontanon	C.B. Brenta	Misto, non classificato (tipo terziario)
B. Golena Destra	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Gonzato	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Lazzaretti	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Maggiore	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Marcolin	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
C. Sol. Meneghini	C.B. Brenta	Misto, non classificato (tipo terziario)
R. Monella	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
C.Pz. Ospitale	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Quaranta	C.B. Brenta	Misto, non classificato (tipo terziario)
B. Rigon	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
R. S. Giovanni Grimana Nuova	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
B. Tessari	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)
R. Zordana	C.B. Brenta	Irriguo, non classificato (tipo terziario)

I risultati “generalì” della ricognizione sono riassunti nella tabella seguente:

TIPO	LUNGHEZZA	DENSITA TERRITORIALE
Consortile terziario intubato	22.140 m	1,511 km/km <sup>2</sup>
Consortile terziario pelo libero	8.430 m	0,575 km/km <sup>2</sup>
Irrigua privata intubato	17.850 m	1,218 km/km <sup>2</sup>
Irrigua privata pelo libero	19.460 m	1,328 km/km <sup>2</sup>
Complessivamente	67.880 m	4,633 km/km <sup>2</sup>

Il sedime delle rogge terziarie è in genere di proprietà pubblica ovvero privata ma con servitù di uso pubblico; si tratta prevalentemente di canali scavati in terra ovvero tratti tombinati, relativamente brevi, di norma a sezione circolare. L'utilizzo delle rogge è prevalentemente irriguo. Le rogge rilevate sono interessate da un numero elevatissimo di opere idrauliche (sostegni, paratoie, sfioratori, troppo pieni, ecc...), praticamente tutte destinate alla gestione dell'acqua di irrigazione (turnazioni irrigue).

### 5.1.3.6.2.3 – La rete di fognatura bianca

A completare la rete di drenaggio è presente una rete di fognatura bianca in genere con scarico in rogge consortili un tempo destinate a funzione irrigua ma che ultimamente

hanno assunto funzione “mista” (irrigua e di deflusso dell’acqua di pioggia). Si rimanda alle tavole da **B3/1** a **B3/7** per la restituzione grafica, all’allegato **A8** per la descrizione delle sezioni rilevate, all’allegato **A4** per la documentazione fotografica e all’allegato **A5** per la presentazione dei dati strumentali rilevati con tecnica GPS.

Per una parte non trascurabile della rete di fognatura bianca non si è potuto prendere visione dei collettori fognari sia per l’assenza dei pozzetti di intersezione e manutenzione ovvero per semplice la mancanza di impossibilità di accedere agli stessi pozzetti in conseguenza di “ricoperture” dei sigilli dei chiusini con asfalto (in strada) o cemento (sotto i marciapiedi). Per i tratti non rilevati, ma di cui presuntivamente è nota l’esistenza, si è utilizzata una apposita simbologia grafica. Le tavole da **B3/1** a **B3/7** visualizzano inoltre i conii fotografici (vedi allegato **A4**), le sezioni rilevate (allegati **A4** e **A8**) e il diametro caratteristico.

Non considerando i “perdenti” installati nell’area industriale collocata a sud di via Provinciale (dove i flussi di pioggia vengono assorbiti da varie decine di “dispersori” nel sottosuolo) sull’intero territorio comunale sono stati individuati una ventina di pozzi perdenti realizzati con la tecnica dell’anello di dispersione; sono stati rilevati inoltre circa 340 chiusini e 2499 caditoie (prevalentemente del tipo a nido d’ape). Le caditoie sono suddivise per via, o per area omogenea, come nel prosieguo precisato:

<b>N°</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Numero caditoie</b>
01	via Borghi	52
02	via Camazzole	60
03	via Centro in Camazzole	27
04	via Salvo d’Acquisto in Camazzole	3
05	Pdl in Camazzole a sud di via Centro	34
06	Pdl in Camazzole a nord di via Breda	22
07	via Breda in Camazzole	7
08	via Monte Grappa	24
09	via Manzoni	32
10	via Albbruck e contermini	34
11	via Dello Sport	7
12	via Vegri Vecchia	7
13	via Vegri	23
14	via Brenta	24
15	via Trieste	16
16	via Trento sud	20
17	via Trento nord	25
18	via Spessa e contermini	90
19	via Nievo	23
20	via S. Pellico	20
21	via Battisti	24
22	via Garibaldi	52
23	via Zanella	24
24	via Pasubio e laterali	41
25	via Carducci e laterali	22
26	Piazza Marconi e zona nord municipio	63
27	Corso del Popolo e vie laterali	27
28	vie del Quartiere Europa	179
29	via Genova	14
30	zona industriale	202
31	nord via Postumia ai confini ovest	25
32	via Provinciale ad ovest Velo Spa	18
33	via San Giuseppe	12
34	via San Pio X	37

35	via Aldo Moro	34
36	via Degli Alpini	10
37	via Sant'Antonio	3
38	via San Francesco	26
39	Piazza San Francesco e laterali	63
40	Nuovo Polo Scolastico	119
41	via Ronchi Nuova	7
42	via Ronchi	64
43	via Ospitale	29
44	via Martiri	139
45	via Piave	12
46	via Belluzzo	23
47	via Petrarca	44
48	via Canova	10
49	via Bellini	12
50	via Roma e laterali	81
51	Borghi nord (escluso via Dante)	57
52	via Dante	98
53	Borghi sud (escluso via Dante)	61
54	via Regina Margherita	29
55	via San Pietro in Brenta e Palazzina Sud	30
56	via Postumia (parte est)	79

## 5.2 – Aree soggette ad alluvionamenti

L'area soggetta "normalmente" ad alluvionamento, in Carmignano, coincide ovviamente con la zona ricompresa all'interno degli argini del Brenta. Qui i fenomeni investono particolarmente i terreni più bassi ovvero quelli sottoposti ad escavazione di ghiaia, ma anche le zone golenali pianeggianti in cui esistono alcune aziende agricole sparse. Pur tuttavia i dati storici consegnano dati rassicuranti: nel 1882 e nel 1966 le alluvioni non hanno interessato le golene poste a monte del ponte di Fontaniva lungo la S.S. Postumia; nel 1966 sono stati segnalati erosioni relativamente modeste alla sponda destra del Brenta avanti la località Boschi.

La tavola **B8** riassume i fenomeni alluvionali riscontrati o "potenziali", e quindi le condizioni di pericolosità idraulica, interessanti il territorio di Carmignano, secondo le seguenti fonti:

1 – allagamenti secondo informazioni acquisite durante la fase di ricognizione e di predisposizione del Piano Comunale delle Acque;

2 – allagamenti secondo informazioni acquisite dalla bozza del quadro conoscitivo del Piano di Assetto del Territorio Comunale;

3 - allagamenti ovvero aree a pericolosità idraulica deducibili dalle elaborazioni idrauliche a tempo di ritorno cinquantennale eseguite nel corso della predisposizione del Piano Comunale delle Acque.

Con il termine rischio, in riferimento a fenomeni di carattere naturale, si intende il prodotto di tre fattori:

a) la pericolosità o probabilità di accadimento dell'evento calamitoso (**P**). La pericolosità dell'evento va riferita al tempo di ritorno **Tr** che rappresenta l'intervallo di

tempo nel quale l'intensità dell'evento viene uguagliata e superata mediamente una sola volta;

b) il valore degli elementi a rischio, intesi come persone, beni localizzati, patrimonio ambientale (**E**);

c) la vulnerabilità degli elementi a rischio (**V**), cioè l'attitudine a subire danni per effetto dell'evento calamitoso.

Generalmente il rischio può esprimersi mediante un coefficiente compreso tra **0** (assenza di danno o di pericolo) e **1** (massimo pericolo e massima perdita). Si definisce il danno **D** come prodotto del valore del bene per la sua vulnerabilità:  $D = E \times V$ . Il rischio, può essere determinato a livello teorico, mediante una formulazione di questo tipo:  $R = P \times E \times V = P \times D$ . Le diverse situazioni sono aggregate, in genere, in quattro "classi" di rischio a gravosità crescente:

→ **R1 Moderato**: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono "marginali";

→ **R2 Medio**: per il quale sono possibili danni "minori" agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, comunque danni che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;

→ **R3 Elevato**: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;

→ **R4 Molto elevato**: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.

Dal punto di vista pratico il rischio "idraulico" è quindi definibile come probabilità che un determinato evento alluvionale si verifichi, incidendo sull'ambiente fisico in modo tale da recare danno all'uomo, alle sue attività e ai beni culturali, ambientali, naturalistici e paesaggistici.

La "pericolosità idraulica" si traduce in rischio non appena gli effetti dei fenomeni naturali implicano un costo socio-economico concreto da valutarsi in relazione alla vulnerabilità ed all'indice di valore attribuibile a ciascun elemento coinvolto.

La classificazione ricorrente della pericolosità idraulica riconduce alle tipologie seguenti: pericolosità "bassa" (**P0**), pericolosità "moderata" (**P1**), pericolosità "media" (**P2**), pericolosità "alta" (**P3**) e pericolosità "altissima" (**P4**).

Le aree indicate nell'allegato **B8** sono interessate generalmente da pericolosità idraulica di tipo **P0** e/o **P1**; in genere, tenuto conto delle destinazioni d'uso dei territori interessati dai fenomeni alluvionali, possiamo parlare allo stesso modo di rischio idraulico variabile fra **R1** e **R2** ovvero fra "danni marginali" e "danni minori" che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

## 5.3 – Opere di mitigazione idraulica

Durante la fase di ricognizione del sistema di drenaggio in Carmignano di Brenta si è preso atto dell'esistenza di opere di mitigazione idraulica costruite dopo l'entrata in vigore della D.G.R. del Veneto 3637/2002. Ci si riferisce in particolare alle opere di mitigazione idraulica di alcuni PDL privati e dell'opera pubblica "Nuovo Polo Scolastico" in corso di realizzazione lungo via Degli Alpini.

L'esecuzione di opere di mitigazione idraulica permette di modificare dal punto di vista edilizio ed urbanistico il territorio nel rispetto dell'invarianza dei parametri idrologici (portata massima e tempo di corrivazione). Le opere di mitigazione idraulica sono individuabili nelle tavole da **B3/1** a **B3/7**.

## 6 – FASE PROPOSITIVA

### 6.1 – Indirizzi generali

L'estendersi dell'urbanizzazione e l'uso intensivo e non mitigato del territorio provocano una diffusa insufficienza delle reti idrauliche di bonifica e delle reti idrauliche minori. Nel caso di Carmignano di Brenta, persistendo obbligatoriamente una sorta di convivenza fra drenaggio con finalità "irrigue" e drenaggio con finalità di "bonifica", vi è una particolare sensibilità nel territorio a subire sollecitazioni nelle reti idrauliche a causa dell'estendersi delle fognature bianche a servizio delle espansioni urbane, con immissioni di portate concentrate rilevanti e spesso di molto superiori alla capacità di convogliamento del corso d'acqua ricevente. Ne consegue il rischio di compromissione della sicurezza idraulica dello stesso sistema di drenaggio (in "primis" i collettori consorziali principali e secondari).

Il riassetto delle reti idrauliche locali, finalizzato all'adeguamento ad esigenze minimali di sicurezza idraulica, richiede in genere un "ampliamento" delle sezioni dei collettori (ricalibratura), un "potenziamento" degli eventuali impianti di sollevamento e la costruzione di nuovi manufatti di regolazione. Un tale modo di procedere se da un lato consente di limitare i pericoli di allagamento nelle zone maggiormente a rischio, non può tuttavia condurre al raggiungimento di un adeguato assetto del territorio sotto il profilo della difesa idraulica, se non è accompagnato da indirizzi di carattere strutturale idonei ad introdurre, accanto ai provvedimenti tradizionali di difesa, nuove strategie di interventi miranti a perseguire, oltre alla difesa idraulica, anche la "valorizzazione" idraulica del territorio.

Per la moderazione delle piene risulta indispensabile predisporre provvedimenti idonei ad arrestare la progressiva riduzione degli invasi e favorire il "rallentamento" e lo "sfasamento" dei tempi di concentrazione dei deflussi. Allo stesso modo è necessario limitare gli effetti delle portate massime di piena conseguenti allo scarico delle portate concentrate delle fognature bianche nei collettori secondari e/o nelle vie d'acqua di bonifica.

Per l'uso futuro del territorio un beneficio potrebbe essere acquisito realizzando invasi equivalenti a quelli via via soppressi e, per quanto riguarda lo scarico delle reti

bianche, mediante vasche di laminazione delle portate immesse in rete. I citati volumi potrebbero altresì assicurare il raggiungimento di finalità fondamentali e parallele della bonifica idraulica quali la tutela ambientale attraverso processi di miglioramento qualitativo delle acque.

Dal quadro conoscitivo si è proceduto all'individuazione delle aree storicamente allagate (dati storici) e/o potenzialmente allagabili (dati da modello).

Le criticità idrauliche individuate in Carmignano sono di tipo "puntuale" (criticità idraulica localizzata che interessa o che può interessare una area convenzionalmente inferiore ad un ettaro) e di tipo "areale" (ogni altro tipo di dissesto idraulico). La tavola **B8** offre una "qualificazione" visiva in termini di superficie interessata o interessabile a parità di tempo di ritorno dell'evento pluviometrico; come si è visto in precedenza le criticità idrauliche sono state infine correlate a una stima indicativa dei fattori di rischio (pericolosità per magnitudo del danno).

## **6.2 – Analisi idraulica**

L'analisi idraulica è stata eseguita da un parte tenendo conto della conoscenza diretta dei fenomeni idraulici che causano le criticità e con calcoli di massima per la verifica dei parametri idraulici, dall'altra parte sviluppando lo studio con un modello numerico "evoluto" limitatamente alla "zona centrale" di Carmignano di Brenta.

Ciò si è reso necessario vista la complessità del sistema di drenaggio e la "promiscuità" in essere fra irrigazione e bonifica; si è reso necessario l'utilizzo di un modello idraulico evoluto anche per la "tipologia" di drenaggio caratterizzata da una ramificazione "a rovescio" conseguente alla già citata promiscuità fra irrigazione e bonifica. Il modello "evoluto" è stato predisposto attraverso un "originale" utilizzo del "modello della corrivazione".

### **6.2.1 – Il modello della corrivazione**

Il modello della corrivazione nacque in Italia, nella prima metà del 1800, a seguito di intuizioni originali del prof. Domenico Turazza, professore di matematica applicata presso la Regia Università di Padova. Nella seconda edizione del "Trattato di idrometria o di idraulica pratica" (1867) il Turazza aveva posto le basi sia del concetto di "perdita idrologica" (... *credo però in medio potersi valutare in 2/5 dell'acqua totale quella che vada così perduta...*) sia il concetto di "curva di piena" (... *sarà dunque sufficiente di ordinare le cose in modo che l'acqua che può cadere per pioggia, nelle circostanze più ordinarie, sopra il dato terreno in 24 ore, e che sopravanza a quella che vada perduta pella evaporazione e pegli infiltramenti, venga scaricata pure in 24 ore dagli scoli...*) ed infine sia il concetto di "ritardo" nella formazione della piena (... *si giudica, pare a me, assai male quando si paragonano le portate degli scoli a quelle medie delle correnti in rapporto alle piogge che cadono sopra i corrispondenti bacini, perché non credo potersi stabilire eguale accordo circa il tempo del deflusso...*)

Nei medesimi anni, "ufficialmente" nel 1851, l'irlandese Mulvaney presentò una nota che diventò la "base" del cosiddetto "metodo razionale" ovvero del "metodo della corrivazione" nella cultura idrologica anglosassone. Per Mulvaney la portata è pari al

prodotto fra un coefficiente adimensionale compreso fra 0 e 1 (coefficiente afflussi-deflussi), l'intensità di pioggia correlata al tempo di "concentrazione" e la superficie del bacino. Le ipotesi "base" del modello della corrivazione sono:

1) la formazione della piena è dovuta "unicamente" a un fenomeno di trasferimento della massa liquida;

2) ogni singola goccia si muove sulla superficie "seguendo un percorso immutabile" che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui essa è caduta;

3) la velocità di ogni singola goccia "non è influenzata dalla presenza delle altre gocce";

4) la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari che si presentano nello stesso istante alla sezione di chiusura del bacino.

Il ritardo con cui una goccia si presenta alla sezione di chiusura dipende in tal modo "solo" dal punto in cui essa è caduta e prende il nome di *tempo di corrivazione* del punto. Il tempo di ritardo massimo prende il nome di *tempo di corrivazione del bacino* e viene di seguito indicato con  $t_{CB}$ .

I luoghi dei punti caratterizzati da uno stesso valore del tempo di corrivazione vengono detti *linee isocorrive*; la curva che per assegnato valore del tempo di corrivazione  $t_c$  permette di determinare l'area della porzione di bacino i cui punti hanno tempi di corrivazione  $t \leq t_c$  prende il nome di curva *aree-tempi* del bacino.

Supponendo di aver tracciato le linee isocorrive con passo temporale  $\Delta t$  all'interno del quale l'intensità di precipitazione possa considerarsi costante, linearizzata la curva *aree-tempi* in ciascun intervallo, si ha che l'idrogramma di portata  $q_k(t)$  che attraversa la  $k-1_{ma}$  isocorriva in seguito alla precipitazione di intensità  $i_j$ , caduta nell'intervallo  $t_{j-1}=(j-1)\Delta t$  e  $t_j=j\Delta t$  sulla porzione di bacino di area  $\Delta A_k$ , compresa tra le isocorrive  $(k-1)\Delta t$  e  $k\Delta t$ , è descritto dalle equazioni:

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{ se } t_{j-1} \leq t \leq t_j & \quad q_k(t) = (i_j \Delta A_k / \Delta t)(t - t_{j-1}); \\ \rightarrow \text{ se } t_j \leq t \leq t_{j+1} & \quad q_k(t) = (i_j \Delta A_k / \Delta t)(t_j - t); \\ \rightarrow \text{ infine se } t \geq t_{j+1} & \quad q_k(t) = 0. \end{aligned}$$

La forma della curva di piena è *triangolare* e  $q_k(t)$  assume il valore  $0$  per  $t=(j-1)\Delta t$ , il valore  $q_k(t)=i_j \Delta A_k$  per  $t=j\Delta t$  e di nuovo  $q_k(t)=0$  per  $t=(j+1)\Delta t$ ; il tempo alla base dell'idrogramma di piena è pari a  $2\Delta t$ .

L'idrogramma di portata che attraversa la sezione di *chiusura* in seguito alla precipitazione caduta nell'intervallo  $(j-1)\Delta t$  e  $j\Delta t$  sull'area  $\Delta A_k$  si ottiene trasladando nel tempo l'idrogramma di piena illustrato di un intervallo pari a  $(k-1)\Delta t$ ; quindi il valore al colmo  $\Delta A_k i_j$  giungerà alla sezione di chiusura al tempo  $(j+k-1)\Delta t$ . L'idrogramma di piena complessivo si ottiene sommando i contributi delle varie aree che giungono al medesimo istante alla sezione di chiusura.

Le ulteriori ipotesi di *linearità* e *stazionarietà* consentono di semplificare la modellazione dei fenomeni di piena:

a) un sistema si dice *stazionario* quando a due ingressi uguali sfasati nel tempo di un certo intervallo di tempo corrispondono due uscite uguali sfasate dello stesso intervallo temporale;

b) un sistema si dice *lineare* quando ad un ingresso combinazione lineare di due ingressi corrisponde un'uscita combinazione lineare secondo medesimi coefficienti moltiplicativi delle uscite relative agli stessi ingressi.

Con linearità e con stazionarietà la relazione tra ingresso  $p(t)$  e uscita  $q(t)$  assume la forma di un'equazione lineare differenziale a coefficienti costanti che ha come soluzione l'integrale di convoluzione

$$q(t) = \int_0^t p(\tau) h(t-\tau) d\tau$$

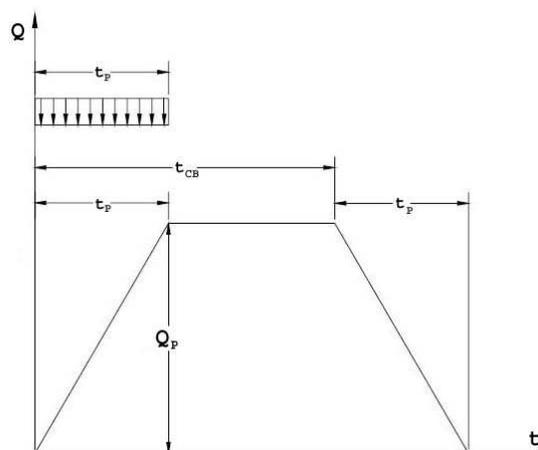
essendo  $h(t)$  l'idrogramma unitario istantaneo (dove  $h(t)$  "dimensionalmente" è l'inverso del tempo).

Il modello della corrivazione si configura quindi come un particolare modello *lineare* e *stazionario* schematizzabile come un insieme di infiniti canali lineari in parallelo; a ciascun elemento di area  $A_i$  del bacino si può associare un canale lineare il cui ritardo caratteristico coincide con il tempo di corrivazione  $t_c$  del punto.

Con tale modello la portata massima si verifica in corrispondenza ad una durata della precipitazione maggiore o uguale al tempo di corrivazione e viene mantenuta per un tempo  $t_p - t_{CB}$  essendo  $t_p$  la durata della precipitazione.

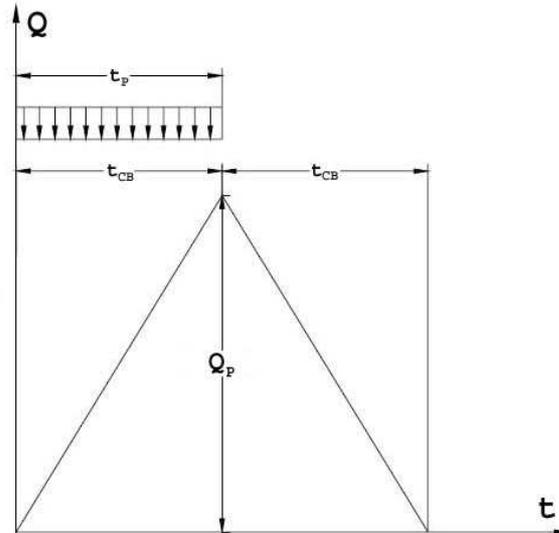
Per un ipotetico bacino in cui la curva *area-tempi* risulti lineare, ovvero  $A(t) = A_T t / t_{CB}$  (essendo  $A_T$  l'area totale del bacino) e nel caso di una pioggia netta di intensità costante  $i$  e durata  $t_p$  abbiamo, alla chiusura del bacino, i seguenti idrogrammi di piena:

Caso  $t_p < t_{CB}$ :



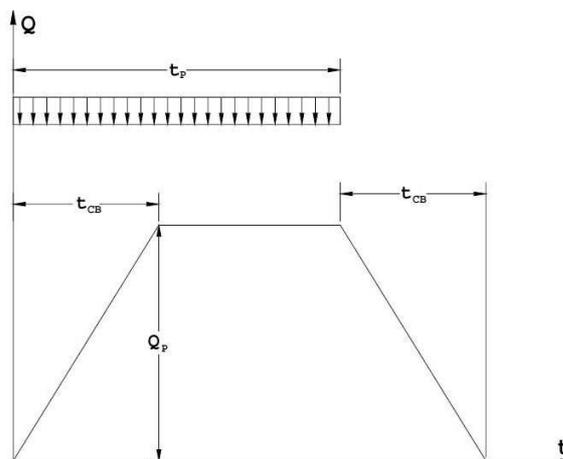
se  $t_p < t_{CB}$  con  $t \leq t_p$  vale  $q(t) = i A_T t / t_{CB}$ , con  $t_p \leq t \leq t_{CB}$  vale  $q(t) = i A_T t_p / t_{CB}$ , con  $t_{CB} \leq t \leq t_{CB} + t_p$  vale  $q(t) = i A_T (1 - ((t - t_p) / t_{CB}))$  e infine con  $t \geq t_{CB} + t_p$  vale  $q(t) = 0$ .

Caso  $t_p = t_{CB}$ :



se  $t_p = t_{CB}$  con  $t \leq t_p$  vale  $q(t) = iA_T t / t_{CB}$ , con  $t = t_{CB} = t_p$  vale  $q(t) = iA_T$ , con  $t_{CB} \leq t \leq t_{CB} + t_p$  vale  $q(t) = iA_T (1 - ((t - t_p) / t_{CB}))$  e infine con  $t \geq t_{CB} + t_p$  vale  $q(t) = 0$ .

Caso  $t_p > t_{CB}$ :



Se  $t_p > t_{CB}$  vale  $q(t) = iA_T t / t_{CB}$ ; con  $t_{CB} \leq t \leq t_p$  vale  $q(t) = iA_T$ ; con  $t_p \leq t \leq t_{CB} + t_p$  vale  $q(t) = iA_T (1 - ((t - t_p) / t_{CB}))$ ; infine con  $t \geq t_{CB} + t_p$  vale  $q(t) = 0$ .

## 6.2.2 – Specifiche sul modello della corrivazione utilizzato

Nel modello messo a punto per il Piano Comunale delle Acque di Carmignano di Brenta per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  si utilizza la relazione

$$Q_p = C_A \cdot C_D \cdot I_p \cdot A_T$$

dove

$C_A$  rappresenta il coefficiente di afflusso (tiene conto delle sottrazioni legate alla infiltrazione, all'intercettazione e agli invasi di ritenzione),

$I_P$  l'intensità di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione,

$A_T$  la superficie totale del bacino e

$C_D$  rappresenta un coefficiente "di diffusione".

Il coefficiente  $C_D$  tiene conto che all'aumentare dell'area sottesa esiste una "tendenza" del flusso di piena ad attenuare il picco procedendo verso valle a seguito dell'effetto *invaso* in rete.

Notoriamente il modello della corrivazione tende a "sovrastimare" il picco di portata perché i valori di  $C_A$  sono ricavati soprattutto per piccoli bacini; ricordiamo inoltre che la linearità fra portata e area è "accettata" solo per valori di  $A_T$  variabili fra un minimo di 8 ha (vedi Debo e Reese, 1995) fino ad un massimo di 256 ha (in ambito *urbano*, vedi Veissman e Lewis, 1996) e di 1000 ha (in ambito  *rurale*, secondo Gupta, 1989).

Vediamo ora come il modello utilizzato in Carmignano "sfrutta" opportuni fattori correttivi in modo da ridurre le approssimazioni conseguenti alla ipotesi operate del modello della corrivazione:

Approssimazione 1: il picco di portata è il "massimo" che può verificarsi per una intensità di pioggia correlata ad una durata pari al tempo di corrivazione; al momento temporale corrispondente al tempo di corrivazione si ottiene quindi il massimo di portata. Applicando il modello a Carmignano si è valutato di volta in volta se i "picchi" di piena potessero considerarsi condizionati dai "picchi" di intensità di pioggia, e non dal valore medio della stessa intensità.

Approssimazione 2: il deflusso è direttamente proporzionale alla precipitazione. Come si vedrà nel paragrafo che illustra la determinazione di  $C_A$  si è tenuto conto che lo stesso coefficiente di afflusso non è indipendente dalla piena; la determinazione di  $C_A$  viene eseguita tenendo conto di tutti gli aspetti che possono influenzare questo valore.

Approssimazione 3: la frequenza dei picchi di piena è la medesima frequenza della pioggia che genera la piena. Nell'applicare il metodo della corrivazione allo studio della fognatura di Carmignano di Brenta si è ritenuto che l'assunzione sia accettabile in quanto le elaborazioni sono eseguite per eventi a tempo di ritorno non maggiore di 100 anni.

Approssimazione 4: la relazione fra picco di piena e area di drenaggio è un legame dello stesso tipo che si ha fra picco, intensità della pioggia e durata della pioggia (in altri termini il bacino di drenaggio è considerato a comportamento lineare e per determinare la portata basta semplicemente moltiplicare il coefficiente di afflusso, l'area e l'intensità di pioggia). Tale presupposto non può essere evidentemente *sempre* vero da cui l'introduzione, nel caso del modello della corrivazione utilizzato nella stesura del PCA di Carmignano, del termine  $C_D$  per tener conto in qualche modo conto della mancanza di linearità.

Approssimazione 5:  $C_A$  è lo stesso per piene di diversa frequenza e quindi le perdite della precipitazione che non arriva alla sezione di chiusura del bacino sono una costante. Se tale presupposto può essere considerato valido per bacini con superfici impermeabili qualche perplessità può aversi per bacini dove le aree interessate da infiltrazioni o ritenzioni non sono trascurabili (come nel caso di Carmignano). Per tale

motivo la determinazione di  $C_A$  è eseguita cercando di tener conto di tutti gli aspetti che possono influenzare questo fatto.

Approssimazione 6:  $C_A$  utilizzato è lo stesso per tutte le piene sul bacino indipendentemente dalle condizioni di umidità in essere nel suolo. Sono stati presi in considerazione eventi di piena a frequenza bassa o bassissima; si ritiene che riferirsi a condizioni di umidità *medie* giustifichi il non tener conto di questo fattore.

Approssimazione 7: l'intensità di pioggia rimane costante per tutta la durata del tempo di corrivazione. Il metodo della corrivazione viene utilizzato per valutazioni di massima (determinazione delle opere idrauliche con dettaglio da progetto preliminare per sistemare le criticità in essere sul territorio comunale). Si ritiene accettabile tale ipotesi.

Approssimazione 8: il deflusso che porta al picco di portata si forma uniformemente su tutto il bacino; in altre parole il coefficiente  $C_A$  rimane lo stesso su tutti i punti del bacino. Si ritiene tale assunzione accettabile tenendo conto che le aree di drenaggio considerate, nell'applicazione del metodo della corrivazione in Carmignano, arrivano a qualche centinaio di *ha* di superficie.

Approssimazione 9: il modello della corrivazione non considera, ne può considerare, situazioni di rigurgito di flusso nella rete di drenaggio. Si ritiene accettabile tale "limite" vista la natura "conservativa" delle calcolazioni idrauliche.

### 6.2.2.1 – Le curve di precipitazione usate nei calcoli idraulici

Il modello della corrivazione è stato utilizzato in Carmignano con la curva di possibilità pluviometrica nella forma (vedi paragrafo 5.1.1)

$$h = aT_R^b t / ((cT_R^d + t)^e (eT_R^f)) ,$$

essendo

$h$  = altezza di precipitazione (*mm*),

$t$  = durata della precipitazione (*ora*),

$T_R$  = tempo di ritorno della precipitazione (*anno*),

$a, b, c, d, e, f$  = coefficienti regressivi esposti nel paragrafo 5.1.1

### 6.2.2.2 – Il tempo di scorrimento superficiale

Per ogni singolo sottobacino individuato nel modello della fognatura bianca di Carmignano di Brenta viene calcolato il tempo di scorrimento superficiale  $t_{CS}$  attraverso la formula della Federal Aviation Agency statunitense (FAA, 1970, Circular on Airport Drainage. Report A/C 050-532-5B, Washington, D.C. 80 pp.) nella seguente versione

$$t_{CS} = 0,71(1,1 - C_A)L_{SS}^{0,5} / P_{SS}^{1/3}$$

essendo

$t_{CS}$  = tempo di scorrimento superficiale (*min*),

$C_A$  = coefficiente afflusso-deflusso del modello della corrivazione (-),  
 $L_{SS}$  = percorso più lungo di scorrimento ( $m$ ),  
 $P_{SS}$  = pendenza del percorso più lungo di scorrimento ( $m/m$ ).

Attraverso il coefficiente  $C_A$  è possibile tener conto, nella determinazione di  $t_{cs}$ , della tipologia di suolo, del tempo di ritorno della precipitazione, della pendenza media territorio, della presenza di eventuale superficie impermeabile e dell'intensità di precipitazione.

### 6.2.2.3 – Stima della portata massima a moto uniforme

Viene utilizzata la formula di moto uniforme secondo Gauckler-Strickler:

$$V = K_S R_H^{2/3} i_S^{1/2}$$

con  $Q = AV$  e  $R_H = A/P_B$

essendo

$V$  = velocità media del flusso ( $m/s$ ),  
 $Q$  = portata massima ( $m^3/s$ ),  
 $A$  = area liquida ( $m^2$ ),  
 $K_S$  = scabrezza secondo Stricker ( $m^{1/3}/s$ ),  
 $R_H$  = raggio idraulico ( $m$ ),  
 $i_S$  = pendenza motrice ( $m/m$ ),  
 $P_B$  = perimetro bagnato ( $m$ ).

Nell'applicazione del modello della corrivazione in Carmignano sono state considerate due tipi di sezione:

1) la sezione **trapezoidale** o **rettangolare**; viene fornito in ingresso la base minore  $b$ , la base maggiore  $B$  (larghezza del pelo libero con tirante idrico al limite di esondazione) e altezza massima del tirante idrico  $Y$ . Vengono utilizzate le seguenti formule:

$$\begin{aligned}
 A &= ((B+b)Y)/2, \\
 P_B &= 2(((B-b)/2)^2 + Y^2)^{0,5} + b, \\
 R_H &= (((B+b)Y)/2) / (2(((B-b)/2)^2 + Y^2)^{0,5} + b).
 \end{aligned}$$

2) la sezione **circolare**; viene fornito in ingresso il diametro  $D$ . Vengono utilizzare le seguenti formule:

$$\begin{aligned}
 A &= 3.141592D^2/4 \\
 P_B &= 3.141592D \\
 R_H &= D/4.
 \end{aligned}$$

Le formulazioni precedenti sono utilizzate anche per il calcolo del tempo di scorrimento canalizzato (in situazione di deflusso massimo).

Si precisa che la pendenza motrice  $i_s$ , nel caso di deflusso intubato, è la maggiore fra quella definita dalla livelletta di fondo e quella definita dalle quote di piano campagna fra inizio e fine del tratto.

I valori di  $K_S$  ( $m^{1/3}s^{-1}$ ) utilizzati sono:

**85-90** per cls liscio;

**65-70** per cls non perfetto ovvero muratura ordinaria;

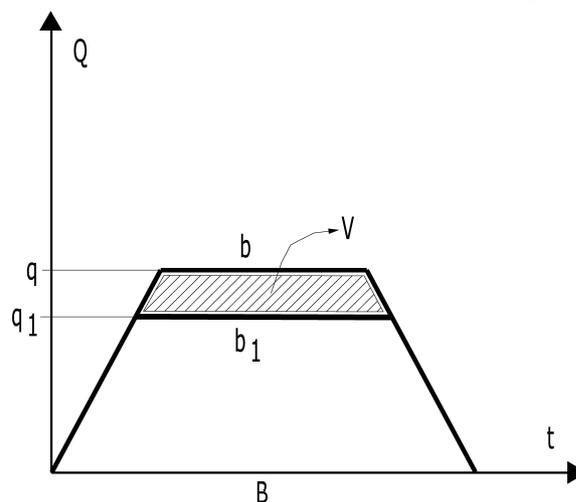
**60** per cls intonacato e presenza di depositi sul fondo;

**40** con rivestimento in terra e presenza di erba (ma corso a sviluppo “regolare”);

**30** per canali in abbandono con vegetazione, corsi d’acqua con alveo con ghiaia in movimento o comunque corsi d’acqua con movimento di materiale sul fondo.

#### 6.2.2.4 – Stima delle perdite di portata (inondazioni)

Nel modello della fognatura bianca di Carmignano di Brenta le situazioni di “alluvionamento localizzato” vengono considerate in modo *semplificato* secondo la seguente procedura. Prendiamo in considerazione lo schema seguente.



In una determinata sezione, per una determinata durata di precipitazione, si abbia una curva di piena come indicato con tratto grosso (come da modello della corrivazione con curva superficie-tempo lineare). Ipotizziamo che il corrispondente tratto di canale o di tubo sia in grado di far defluire una portata massima pari a  $q_1$ ; si “impone” quindi che i “differenziali” di maggior portata siano dispersi per esondazione sul territorio circostante il tratto canalizzato o intubato. Dallo schema della figura precedente è possibile stimare il volume di acqua di pioggia “esondato” (volume  $V$ ) e la durata “teorica” del fenomeno alluvionale (lunghezza  $b_1$ ).

Possiamo sostanzialmente ritrovare due situazioni:

caso 1): sono noti  $B$  e  $b$  (curva di piena dal modello della corrivazione) ed è noto il volume  $V$  (invaso di laminazione ovvero volume integrativo estraneo alle condizioni di deflusso). Si può facilmente dimostrare come  $b_1$  e  $q_1$  si ottengono facilmente con le relazioni:

$$b_1 = ((b^2q + 2V(B-b))/q)^{0,5}$$

$$q_1 = q((B-b_1)/(B-b)).$$

Le due relazioni precedenti permettono di determinare  $b_1$  e  $q_1$  anche nel caso in cui la curva di piena sia quella tipica del modello della corrivazione (“triangolare” con base pari al doppio del tempo di corrivazione e altezza pari al picco di portata); in questo caso occorre avere l'avvertenza di porre  $b=0$  e  $q$  uguale alla portata di picco.

caso 2): sono noti  $B$  e  $b$  (curva di piena dal modello della corrivazione) ed è noto  $q_1$  (portata massima che riesce a far defluire il tubo o il canale senza provocare esondazioni). Si può facilmente dimostrare come  $b_1$  e  $V$  si ottengono attraverso le relazioni:

$$b_1 = B - ((q_1/q)(B-b))$$

$$V = q((b_1^2 - b^2)/(2(B-b))).$$

Le relazioni precedenti permettono di determinare  $b_1$  e  $V$  anche nel caso la curva di piena sia “triangolare” con base pari al doppio del tempo di corrivazione e altezza pari al picco di portata; in questo caso occorre avere l'avvertenza di porre  $b=0$  e  $q$  uguale alla portata di picco.

### 6.2.2.5 – La gestione dei flussi di piena nelle giunzioni

Quando due o più tratti di canale o collettore di fognatura confluiscono occorre controllare la congruenza dei singoli tempi di corrivazione; di ciò occorre tener conto particolarmente alle confluenze dove il deflusso di un sottobacino grande e molto impermeabilizzato, e quindi con un tempo di corrivazione basso, si unisce al deflusso di un sottobacino fortemente permeabile e quindi con più grande valore del tempo di corrivazione. Nell'applicazione originale del metodo della corrivazione alla fognatura bianca di Carmignano, per tener conto di tale evenienza, si è eseguita la procedura seguente:

a) si calcola il tempo di corrivazione dei vari sottobacini a monte della confluenza; quindi per i sottobacini **1, 2, ... n** avremo i tempi di corrivazione  $T_1, T_2, \dots T_n$ . Si riordinano i tempi di corrivazione dal più lungo al più corto (mettiamo che  $T_1$  sia il più elevato, poi ci sia  $T_2$  e così via fino al tempo di corrivazione minore che poniamo diventi  $T_n$ );

b) si ricalcolano le portate massime usando l'intensità di pioggia corrispondente a  $T_1$ , avremo quindi una intensità di pioggia  $I_1$  e avremo le portate massime  $Q_1=C_1*I_1*A_1, Q_2=C_2*I_1*A_2, \dots Q_n=C_n*I_1*A_n$ . La portata massima  $Q(T_1)$  sarà pari alla somma delle portate ottenute.

c) si ricalcolano le portate massime usando l'intensità di pioggia corrispondente a  $T_2$ , avremo quindi una intensità di pioggia  $I_2$  e avremo le portate massime  $Q_1=C_1*I_2*(T_2/T_1)*A_1, Q_2=C_2*I_2*A_2, \dots Q_n=C_n*I_2*A_n$ ; il termine  $(T_2/T_1)$  tiene conto che per la durata  $T_2$  non tutto il bacino  $A_1$  contribuisce. La portata massima  $Q(T_2)$  sarà pari alla somma delle portate ottenute.

d) si procede come per il punto c) tenendo conto che per le altre intensità di pioggia non tutte le sottoaree risulteranno contribuenti allo stesso modo ma risulteranno

contribuenti in ragioni del rapporto fra la durata di pioggia considerata e il tempo di corrivazione del sottobacino considerato.

e) ottenute le portate somma da  $Q(T_1)$  a  $Q(T_n)$  si prende il valore di portata maggiore  $Q_{MAX}$  alla confluenza. Per il tratto di canale che riunisce i vari sottobacini avremo che l'area complessiva  $A_C$  a monte sarà data dalla somma delle aree dei vari sottobacini di monte; il valore del coefficiente di diffusione  $C_D$  dipenderà dal valore dell'area totale; il coefficiente di afflusso  $C_A$  risulterà da una media pesata dei coefficienti di afflusso delle sottoaree di monte. L'intensità di pioggia  $I(T_C)$  che porta alla portata maggiore sarà quindi pari a  $Q_{MAX}/C_D * C_A * A_C$  e quindi dallo stesso valore di intensità determinato viene stimato il tempo di corrivazione cercato alla confluenza.

### 6.2.2.6 – La determinazione del coefficiente di afflusso

Nell'applicazione del modello della corrivazione alla fognatura bianca di Carmignano di Brenta il coefficiente di afflusso  $C_A$  viene determinato con la formula di Rossmiller (vedi Rossmiller RL, *Rational Formula Revisited*. Proceeding of the Conference on Stormwater detention Facilities, 1982, 2-6 agosto, Henniker, New Hampshire, 146-162):

$$C_A = (7,2 * 10^{-7}) * (CN^3) * (T_R^{0,05}) * (((0,01 * CN)^{0,6}) \wedge P_T \wedge 0,2) * ((0,001 * CN^{1,48}) \wedge (0,15 - 0,1 * I_P)) * (((IMP + 1) / 2)^{0,7})$$

essendo

$C_A$  = coefficiente di afflusso [-],

$CN$  = valore caratteristico Curve Number del bacino sotteso [-],

$T_R$  = tempo di ritorno della precipitazione [anno],

$P_T$  = pendenza media territorio [%],

$IMP$  = aliquota parte impermeabile [%/100],

$I_P$  = intensità della precipitazione [inch/ora].

La formula di Rossmiller tiene conto del tempo di ritorno dell'evento di pioggia, della pendenza media del territorio, della percentuale di area impermeabile, dell'intensità di pioggia e del tipo idrologico di suolo. Il valore  $CN$  è il valore del "Curve Number" in condizioni medie di umidità del suolo corretto eventualmente dal valore della pendenza media del territorio, se la stessa risulta superiore a 5%, con la formula

$$CN = ((CN_{III} - CN_{II}) / 3) * (1 - 2 * \exp(-13,86 * (P_T / 100))) + CN_{II}$$

essendo

$$CN_{III} = CN_{II} * \exp(0,00673 * (100 - CN_{II}))$$

con

$CN_{III}$  = Curve Number in condizioni di umidità massima,

$CN_{II}$  = Curve Number in condizioni di umidità medie.

Si osservi come l'applicazione della formula precedente deve essere necessariamente "iterativa" in quanto l'intensità di precipitazione è parte della soluzione.

### 6.2.2.7 – La determinazione del coefficiente di diffusione

Si è già detto come il coefficiente di diffusione  $C_D$  non può che dipendere "strettamente" dall'aumento della superficie del bacino sottesa. Nell'applicazione del modello della corrivazione alla fognatura bianca di Carmignano di Brenta il coefficiente di diffusione viene stimato, sezione per sezione, con la formula:

$$C_D = 1 - 0,0015 \cdot A + 10^{-6} \cdot A .$$

essendo

$C_D$  = il coefficiente di diffusione [-],  
 $A$  = l'area del bacino sottesa [ha].

### 6.2.2.8 – Gruppi idrologici di suolo

Nel metodo Curve Number si classificano i suoli dal punto di vista della "possibilità di infiltrazione" nei gruppi **A**, **B**, **C** e **D**; le caratteristiche salienti dei vari gruppi sono:

#### Gruppo A

- scorrimento superficiale potenzialmente **basso** o **nullo**;
- tasso di infiltrazione **alto** anche se bagnati;
- costituiti da **sabbie** e/o **ghiaie** di notevole spessore;
- allontanamento nel sottosuolo da **elevatissimo** a **buono**.
- conducibilità idraulica del terreno **notevole**.

#### Gruppo B

- scorrimento superficiale potenzialmente **buono** o **basso**;
- tasso di infiltrazione **medio-alto** anche quando bagnati;
- costituiti da suoli con tessitura **medio-grossolana**;
- allontanamento nel sottosuolo da **buono** a **moderatamente buono**;
- conducibilità idraulica del terreno **media**.

#### Gruppo C

- scorrimento superficiale potenzialmente **elevato** o **buono**;
- tasso di infiltrazione **medio-basso** quando bagnati;
- costituiti da suoli con tessitura da **moderatamente fine** a **fine**;
- allontanamento nel sottosuolo da **moderatamente buono** a **scarso**;
- conducibilità idraulica del terreno **bassa**.

#### Gruppo D

- scorrimento superficiale potenzialmente **elevatissimo** o **elevato**;
- tasso di infiltrazione **bassissimo** quando bagnati;
- costituiti da suoli **argillosi** ad **elevato rigonfiamento**, suolo **poco profondi con substrato impermeabile**;
- allontanamento nel sottosuolo da **scarso** a **nullo**;

→ *conducibilità idraulica* del terreno **bassissima**.

Nell'applicazione del modello della corrivazione alla fognatura bianca di Carmignano di Brenta, per tutti i sottobacini considerati (vedi allegato **A2**) si è ipotizzato, in condizioni agricole ovvero di piena naturalità, che il suolo ricada sempre nel gruppo **A**.

### 6.2.2.9 – Valori CN caratteristici

Nell'applicazione del modello della corrivazione alla fognatura bianca di Carmignano di Brenta i valori **CN** stimati, come consigliato in letteratura, derivano dalla tabella seguente, valida per diverse combinazioni di suolo e di copertura:

TIPO DI COPERTURA			CLASSE DI SUOLO			
USO DEL SUOLO	TRATTAMENTO/PRATICA	CONDIZIONE IDROLOGICA	A	B	C	D
Terreno agricolo tenuto a riposo	A solchi diritti		77	86	91	94
Colture a solchi	A solchi diritti	cattiva	72	81	88	91
Colture a solchi	A solchi diritti	buona	67	78	85	89
Colture a solchi	A reggi poggio	cattiva	70	79	84	88
Colture a solchi	A reggi poggio	buona	65	75	82	86
Colture a solchi	A reggi poggio e terrazze	cattiva	66	74	80	82
Colture a solchi	A reggi poggio e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	A solchi diritti	cattiva	65	76	84	88
Grani piccoli	A solchi diritti	buona	63	75	83	87
Grani piccoli	A reggi poggio	cattiva	63	74	82	85
Grani piccoli	A reggi poggio	buona	61	73	81	84
Grani piccoli	A reggi poggio e terrazze	cattiva	61	72	79	82
Grani piccoli	A reggi poggio e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi, seminati folti, prati in rotazione	A solchi diritti	cattiva	66	77	85	89
Legumi, seminati folti, prati in rotazione	A solchi diritti	buona	58	72	81	85
Legumi, seminati folti, prati in rotazione	A reggi poggio	cattiva	64	75	83	85
Legumi, seminati folti, prati in rotazione	A reggi poggio	buona	55	69	78	83
Legumi, seminati folti, prati in rotazione	A reggi poggio e terrazze	cattiva	63	73	80	83
Legumi, seminati folti, prati in rotazione	A reggi poggio e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
Pascoli		discreta	49	69	79	84
Pascoli		buona	39	61	74	80
Pascoli	A reggi poggio	cattiva	47	67	81	88
Pascoli	A reggi poggio	discreta	25	59	75	83
Pascoli	A reggi poggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
Boschi		discreta	36	60	73	79
Boschi		buona	25	55	70	77
Aziende agricole			59	74	82	86
Aree urbanizzate, impermeabile >80%			89	92	94	95
Aree residenziali, 500 mq, impermeabile 65%			77	85	90	92
Aree residenziali, 1000 mq, impermeabile 38%			61	75	83	87
Aree residenziali, 1300 mq, impermeabile 30%			57	72	81	86
Aree residenziali, 2000 mq, impermeabile 25%			54	70	80	85
Aree residenziali, 4000 mq, impermeabile 20%			51	68	79	84
Parcheggi asfaltati, tetti, viali accesso			98	98	98	98
Strade asfaltate con rete fognaria			98	98	98	98
Strade in ghiaia			76	85	89	91
Strade sterrate			72	82	87	89
Ferrovie			72	82	87	89
Aree commerciali, impermeabili 85%			89	92	94	95
Aree industriali, impermeabili 72%			81	88	91	93
Spazi aperti, prati, parchi, campi da golf, cimiteri, aree verdi urbane... in buone condizioni con copertura erbosa di almeno il 75%			39	61	74	80
Spazi aperti, prati, parchi, campi da golf, cimiteri, aree verdi urbane... in discrete condizioni con copertura erbosa fra 50 e 75%			49	69	79	84
Superfici d'acqua			99	99	99	99

### 6.2.3 – Implementazione numerica

Tenuto conto delle caratteristiche peculiari della rete di drenaggio di Carmignano di Brenta si è reso necessario predisporre un apposito codice di calcolo “originale”, basato sul modello della corrivazione, per studiare il comportamento della fognatura bianca in 6 situazioni idrologiche distinte:

- 1) verifica del comportamento “attuale” con pioggia a tempo di ritorno  $T_R$  pari a 1 anno;
- 2) verifica del comportamento “attuale” con pioggia a  $T_R$  20 anni;
- 3) verifica del comportamento “attuale” con pioggia a  $T_R$  50 anni;
- 4) verifica del comportamento “attuale” con pioggia a  $T_R$  100 anni;
- 5) studio del comportamento della fognatura bianca ad opere idrauliche realizzate (condizione “futura”) a  $T_R$  50 anni;
- 6) studio del comportamento nella configurazione finale “futura” a  $T_R$  100 anni.

Le elaborazioni numeriche si svolgono secondo i seguenti passaggi principali (da P1 a P6):

P1 – Lettura parametri generali relativi alla scabrezza delle sezioni e i parametri della curva di possibilità pluviometrica per 4 tempi di ritorno (1, 20, 50, 100 anni).

P2 – Lettura per ogni tratto della rete dei dati geometrici di estremità, i numeri dei tratti di recapito con relativa percentuale (comune a tutte le elaborazioni), area afferente, valore CN caratteristico, percentuale di area impermeabile, pendenza media dell’area afferente il tratto, lunghezza di scorrimento superficiale, pendenza dello scorrimento superficiale, caratterizzazione della sezione di drenaggio all’inizio e alla fine del tratto (diametro e ricoprimento per sezioni circolari, ecc...).

P3 – Fissato il tempo di ritorno si ricerca l’area di monte afferente ad ogni tratto e il tempo di corrivazione relativa ad ogni sezione terminale di tratto (cominciando dai tratti “origine”) tenendo conto dei tempi di deflusso canalizzato, dei tempi di scorrimento superficiale e dei tempi di accesso alla rete.

P4 – Ricerca degli altri parametri medi afferenti ad ogni tratto (CN medio a monte, pendenza media del bacino di monte, percentuale media di area impermeabile del bacino di monte, ecc...).

P5 – Per il tempo di ritorno fissato e per ogni durata di pioggia variabile fra 1 minuto e 1440 *minuti* a passo di 1 *minuto* per i tratti “origine” viene determinata la portata massima teorica da confrontare con la portata a moto uniforme massima possibile e viene determinato il massimo volume di acqua fuoriuscita nel tratto e corrispondentemente viene memorizzato il tempo di pioggia che massimizza il volume fuoriuscito. A parità di durata della precipitazione, terminata l’analisi dei tratti “origine”, viene trovata la portata massima teorica in ogni altro tratto della rete di drenaggio di volta in volta corretta in diminuzione

tenendo conto dell'eventuale esistenza di volume d'acqua esondato nei tratti di monte (sempre sulla base della la "curva teorica di piena triangolare" caratteristica del modello della corrivazione).

P6 – Per il tempo di ritorno prefissato stampa dei risultati afferenti ad ogni tratto: area di monte, tempo di corrivazione caratteristico, portata massima teorica dal modello della corrivazione, portata massima defluibile a moto uniforme, valore massimo del volume uscito per esondazione nel tratto e durata della pioggia che ha comportato il massimo di fuoriuscita di pioggia.

Nella tavola **B10** sono visualizzati, per ognuna delle 6 condizioni di analisi considerate, sia le durate di pioggia critica che i volumi eventualmente "esondati" per ogni tratto (questi ultimi visualizzati ipotizzando il deflusso "esondato" distribuito su di una area definita dalla base di un cilindro avente altezza 5 cm e diametro di base corrispondente al volume del cilindro pari al volume massimo uscito nel tratto). In buona sostanza l'estensione dei cerchi rossi evidenziati nella tavola **B10** risulta "proporzionale" al pericolo idraulico caratteristico del tratto. Se il tratto è privo di "cerchi rossi" la pericolosità idraulica per il tempo di ritorno prefissato è trascurabile o nulla. Si osservi come la pericolosità idraulica, cioè la "grandezza del cerchio", al variare dei tratti assume valori massimi per durate diverse della precipitazione.

I risultati delle elaborazioni sono riassunti in allegato **A2**.

## **7 – FASE PROGETTUALE**

### **7.1 – Generalità**

Sulla scorta del quadro conoscitivo e sulla scorta della fase propositiva è stato predisposto un elenco degli interventi destinati a permettere il rientro dalle criticità idrauliche in essere sul territorio di Carmignano di Brenta.

La scaletta degli interventi, di cui si dovrà tener conto nei "piani triennali delle opere pubbliche", è stata organizzata temporalmente sulla base delle priorità emerse nella fase propositiva (intervento da eseguire nel "breve", "medio" o "lungo periodo").

Di ogni intervento (vedi allegato **A3**) è stato stabilito il profilo e le caratteristiche in funzione della dimensione economica, tipologia e categoria di intervento. Di ogni intervento sono state:

1) illustrate le ragioni delle soluzioni previste sotto il profilo localizzativo, funzionale e sotto il profilo delle problematiche ambientale correlate;

2) espone la fattibilità dell'opera dal punto di vista idraulico, ambientale, geologico, geotecnico; è stata valutata "implicitamente" la fattibilità anche dai punti di vista della presenza di vincoli di natura storica, artistica, archeologica, paesaggistica;

3) accertate la disponibilità delle aree o degli immobili con una stima degli oneri di acquisizione;

4) illustrate le ragioni delle soluzioni progettuali prescelte nonché delle possibili alternative localizzative e tipologiche;

5) esposti schemi grafici con le necessarie differenziazioni in relazione alla dimensione, alla categoria e alla tipologia dell'intervento (vedi in particolare le tavole **A6** e **A7**);

6) evidenziati i calcoli sommari della spesa effettuati applicando i costi standardizzati desunti da interventi similari realizzati; le spese sono state suddivise fra spese per lavori più apprestamenti di sicurezza e importi a disposizione dell'Amministrazione appaltante (vedi allegato **A3**).

## **7.2 – Indirizzi e progettualità**

### **7.2.1 – La priorità degli interventi**

La scaletta temporale che regolerà gli interventi nei “piani triennali delle opere pubbliche” non è organizzata temporalmente in quanto per quasi tutti gli interventi non sono emerse priorità specifiche e particolari nella fase propositiva.

Il Piano Comunale delle Acque di Carmignano di Brenta programma comunque gli interventi nell'arco dei prossimi 20-30 *anni*; le priorità e le scelte operative sui singoli interventi andranno di anno in anno valutate in base a valutazioni contingenti da contestualizzare e precisare di volta in volta.

### **7.2.2 – Caratterizzazione degli interventi programmati**

Sono previsti interventi di natura “strutturale”, di natura “strategica” e di “manutenzione straordinaria”; gli interventi previsti possiedono una caratterizzazione “lineare” (si sviluppano cioè “lungo” una precisa via d'acqua) ovvero “puntuale” o “localizzata” (interessano un preciso punto della rete di drenaggio o una precisa “zona” della rete di drenaggio).

Gli interventi “strutturali” sono opere pubbliche destinate alla creazione di nuovi “percorsi” per le acque di pioggia cioè contribuendo ad una “ridistribuzione” dei flussi di piena lungo la rete di fognatura bianca ed implicitamente permettendo ulteriori passi verso la corretta operatività idraulica di ogni tratto della fognatura bianca comunale, per tempi di ritorno cinquantennale degli eventi di pioggia, come richiesto dalle finalità del Piano Comunale delle Acque.

Gli interventi “strategici” sono stati invece previsti per dare una risposta “coerente” e “programmatica” alle seguenti problematiche:

1) le analisi numeriche eseguite evidenziano come buona parte della rete di fognatura bianca comunale risulta sottodimensionata e non idonea a sopportare sollecitazioni pluviometriche a tempo di ritorno cinquantennale (diametri insufficienti, numero dei punti di ingresso alla rete non sufficienti, ecc...). Vedi allegati **A2**, **B10** e **B11**;

2) le soluzioni progettuali “classiche” (ricalibratura delle reti fognarie con diametri maggiori, nuovi punti di scarico sulle rogge consorziali, ecc...) non sono praticabili in quanto non gradite al Consorzio di Bonifica e relativamente poco compatibili con il contesto idrogeologico di Carmignano. Una eventuale ricalibratura con diametri maggiori comporterebbe infatti la “soluzione” dei problemi idraulici ma nei punti di scarico nelle rogge consortili porterebbe concentrazioni di flusso e valori di portata sostenibili dalle stesse rogge consortili solo dopo ricalibratura delle stesse, ciò comportando ulteriori lavori e ulteriori costi in carico all’Amministrazione Comunale. Inoltre l’area di Carmignano è caratterizzata da livelli di falda molto prossimi al piano campagna e l’utilizzo di diametri elevati sarebbe “in contrasto” con le quote di recapito necessariamente “elevate” nei punti di scarico sulle rogge; come conseguenza avremmo insostenibili rischi circa il verificarsi di depositi indesiderati di materiali durante la normale “vita” delle opere idrauliche. A riprova di quanto enunciato si evidenzia come la roggia Lama lungo il lato sud di via Spessa, roggia tombinata alcuni anni fa con diametri significativi (80 e 100 cm), presenta già ora il 20-25% dell’area della sezione intasata da depositi di materiale sedimentato;

3) l’altra soluzione “classica” di predisporre invasi di laminazione concentrati (tipo “casse di espansione”) o distribuiti (es. tubazioni a diametro maggiorato) risulta improponibile; nel primo caso risulterebbe infatti irrisolto il problema di “far arrivare” in sicurezza i flussi di pioggia alle casse di espansione (necessariamente da collocare in area agricola) mentre nel secondo caso avremmo oneri economici elevatissimi oltre a ritrovare le stesse problematiche evidenziate al punto 2.

Il PCA prevede quindi una soluzione “strategica” proponendo l’iterativa applicazione della tecnica “originale” della “trincea drenante manutentabile” per immettere “nel suolo” e “alla fonte” l’acqua di pioggia (vedi tavola **A7**). Con tale sistema si concorre ad acquisire, a tempo di ritorno cinquantennale, la corretta operatività idraulica di ogni tratto della fognatura bianca comunale in quanto risolve in “origine” la gestione “quantitativa” dell’acqua di pioggia; la manutentabilità viene acquisita prevedendo un filtro rimuovibile e quindi prevedendo l’allontanamento “a rifiuto” del materiale sedimentabile in caso di manutenzione straordinaria (vedi tavola **A7**). La soluzione permette inoltre di acquisire, con opportune tecniche di filtraggio che prevedono l’utilizzo di “tessuti” in grado di “assorbire” gli inquinanti veicolati dai deflussi, la corretta gestione “qualitativa” dei flussi di acqua di pioggia (inquinamento da prima pioggia o da sorgente diffusa).

Abbiamo infine interventi di “manutenzione straordinaria” ovvero opere pubbliche che prevedono “leggere” ricalibrazioni, la “pulizia” e la sistemazione dei “punti di accesso” mancanti (pozzetti di intersezione) ovvero sono lavori pubblici finalizzati al miglioramento funzionale “localizzato” della rete di fognatura bianca.

L’allegato **I** posto alla fine della relazione **A3** riassume gli interventi previsti dal Piano Comunale della Acque nei termini “programmatori” e di impegno economico.

### **7.2.2.1 – Approfondimenti sulla trincea lineare drenante manutentabile**

La tecnica della “trincea lineare drenante manutentabile” enunciata al paragrafo precedente, su cui si fonda gran parte delle scelte di natura “strutturale” previste dal Piano delle Acque di Carmignano, viene ora “approfondita” attraverso una serie di considerazioni di natura teorica ed operativa che di seguito andiamo ad esporre. Si richiama la tavola **A7** dei particolari e schemi costruttivi.

1 – è proposta la tecnica con versione basata sull'uso di un tubo in cls prefabbricato forato (disegno 2, tavola **A7**) e quella basata sull'uso di un tubo in PE a.d. corrugato di drenaggio (disegno 1, tavola **A7**). La seconda soluzione è leggermente più costosa ma agevola di molto l'allestimento del pozzetto-caditoia di recapito (vedi in particolare il disegno 8, tavola **A7**);

2 – il “volume di dispersione” visualizzato nelle sezioni tipo si divide fra un primo strato in sabbia “grossa” e un secondo strato o riempimento con ghiaio lavato scabro di frantoio avente pezzatura variabile fra 20 e 25 mm (vedi figura 1 e figura 2, tavola **A7**). Si evidenzia come, ancorchè necessario, è positivo collocare uno strato di sabbia sul fondo del cavo fognario sia perché “distribuisce” meglio il geotessuto sul fondo e sui contorni sia perché lo strato di sabbia, in qualche modo, “contiene” i possibili danni causati da ingressi accidentali di inquinanti entro la trincea drenante in quanto i granelli di sabbia possiedono un forte potere di assorbire oli, metalli ed idrocarburi;

3 – le sezioni tipo proposte prevedono la larghezza standard di 50 cm e l'altezza variabile fra 70 e 90 cm (vedi disegni 1 e 2 nella tavola **A7**). Sono state proposte queste sezioni in quanto ritenute, per conformazione materico-dimensionale, più adeguate alla realtà di Carmignano di Brenta (tipo di strada ricorrente, profondità della falda, caratterizzazione del primo suolo, ecc...). Sono comunque possibile sezioni diverse; in questo caso è necessario rifare i conteggi idraulici e rivedere il grafico di dimensionamento esposto in figura 4, tavola **A7**);

4 – la scelta della tipologia di “geotessuto” costituente la manichetta di filtrazione rimovibile (vedi disegni 1, 2 e 5, tavola **A7**) deve essere particolarmente curata; si deve tener conto

→ del rischio “vecchiaia” (la manichetta potrebbe presentare una “vita media” anche di 10-20 anni),

→ della tenuta “statica” nel tempo (la manichetta non deve “strapparsi” durante la sostituzione e ciò potrebbe avvenire anche molti anni dopo la posa),

→ della “stabilità” del materiale costituente il filtro (anche dopo molti anni di permanenza in ambiente umido il materiale che forma il geotessuto deve mantenere le sue caratteristiche fisiche e chimiche);

→ della capacità di “fermare” corpi grossolani trasportati dall'acqua di pioggia (si ritiene che il filtro debba “fermare” le particelle grandi almeno 0,2-0,3 decimi di millimetro),

→ della capacità di offrire resistenza agli inquinanti veicolati dall'acqua di pioggia (oli, idrocarburi, metalli, ecc...),

→ della capacità di resistere a temperature anche non trascurabili (l'acqua da filtrare in determinate situazioni potrebbe presentare temperature “da acqua calda sanitaria” ovvero 60-65 °C).

Non da ultimo andrebbe preventivata anche una buona capacità di resistenza alle radiazioni UV;

5 – nella versione con tubo in PE fessurato è buona norma prevedere tubi con classe di rigidità anulare SN8 KN/m<sup>2</sup>. Pur tuttavia, in particolari casi, potrebbe essere anche utilizzata la più “economica” classe SN4; ad esempio in caso di “sezione tipo” con cunetta prefabbricata di superficie in asse alla trincea (vedi disegno 6, tavola **A7**);

6 – gli schemi costruttivi prevedono 3 livelli di filtrazione per l'acqua che entra nella caditoia (vedi tavola **A7**):

→ un primo livello è dato dal tipo di caditoia; si consiglia di prevedere esclusivamente caditoie a nido d'ape con fori aventi area netta non superiore a 25x25 mm<sup>2</sup>;

→ un secondo livello è garantito dalla “griglia-tappo” prevista dagli schemi entro il pozzetto-caditoia;

→ l'ultimo livello è quello offerto dal geotessuto o “tela” formante la manichetta.

In caso di “allaccio” da parte dei lotti privati, per trasferire l'acqua di pioggia ivi caduta alla trincea lineare di drenaggio in area pubblica, è necessario imporre prima dell'uscita dal lotto un pozzetto di calma dotato di griglia anti intasamento avente caratteristiche simili al “tappo-griglia” che chiude il tubo drenante nel punto di sbocco nei pozzetti-caditoia (vedi disegno 8, tavola **A7**). In questo caso la pulizia della griglia entro il pozzetto-utenza privato andrà a carico perenne del proprietario del lotto. E' appena il caso di accennare che gli allacci dei privati potranno avvenire esclusivamente “nei” pozzetti-caditoia e che le acque in arrivo dai lotti privati non dovranno essere “acque di processo” ovvero “acque inquinate”;

7 – l'immissione di acqua piovana nel “primo suolo” attraverso la tecnica della trincea drenante manutentabile potrebbe comportare “insostenibili” situazioni di rischio inquinamento. Può capitare, ad esempio, con caditoie collocate ai bordi di una strada ad alta intensità di traffico dove la cosiddetta “acqua di prima pioggia” veicola concentrazioni significative di inquinanti. A tal fine il disegno 11, tavola **A7**, espone una serie di possibilità con cui addivenire alla soluzione del problema;

8 – nella progettualità porre particolare attenzione ai collegamenti con aree “esterne” all'area di drenaggio afferente il tratto da dimensionare (vedi esempio nel disegno 12, tavola **A7**). Chiaramente l'acqua può solo “uscire” dall'ambito di drenaggio di progetto e non “entrare”; nei punti di collegamento con la fognatura “convenzionale” (ancorché necessari) è buona norma predisporre i clapet antiriflusso (vedi disegno 13, tavola **A7**);

9 – l'interdistanza dei pozzetti caditoia non deve essere superiore a 10-12 m (vedi disegno 10, tavola **A7**). Una distanza maggiore potrebbe infatti creare problemi durante l'estrazione della manichetta intasata nelle fasi di manutenzione straordinaria (vedi disegno 8, tavola **A7**). In secondo luogo distanze maggiori comporterebbero un numero minore di punti di accesso “presidiato” alla trincea (pozzetto-caditoia) e conseguentemente una frequenza degli interventi di manutenzione programmata (pulizia dei pozzetti) insostenibile.

### **7.2.3 – Le elaborazioni idrauliche**

In allegato **A2** vengono riassunti i principali risultati dell'applicazione del modello idraulico della corrivazione alla fognatura bianca di Carmignano di Brenta. Sono state eseguite 6 “analisi”, visualizzate nella tavola **B10**.

Nella prima elaborazione è stato studiato il comportamento del sistema di drenaggio nella situazione “attuale” a tempo di ritorno  $T_R=1$  anno (lo schema del modello è visibile nella tavola **B9**). I principali risultati dell’elaborazione sono visualizzati nella tavola **B10**: emergono già per il tempo di ritorno di 1 anno alcuni piccoli problemi di ristagno idrico lungo le vie Garibaldi, Manzoni, Spessa, Dei Bersalieri, Torino, Firenze, Viale Europa, Piazza Marconi, via Roma, via Aldo Moro, il tratto terminale di via Martiri lato sud. I volumi esondati sono comunque di limitata entità. Nella tavola **B10** vengono visualizzati i tempi di precipitazione critica, cioè i tempi di pioggia che genera i ristagni citati; si tratta in genere di tempi inferiori all’ora (quindi eventi di “scroscio”).

Nella seconda elaborazione viene studiato il comportamento del sistema di drenaggio in Carmignano nella situazione “attuale” a tempo di ritorno  $T_R=20$  anni. I principali risultati dell’elaborazione sono visualizzati nella tavola **B10**. Si osservano problemi “sensibili” di ristagno idrico (convenzionalmente definibili con volumi di esondazione superiori a  $100 m^3$ ) lungo via Garibaldi e aree limitrofe, lungo via Torino, lungo via Firenze, in via Ronchi, nella parte nord di via San Pio X, in via Roma, in via Allbruck ed infine a monte del sottopasso della roggia Friga sotto via Postumia. Problemi di entità inferiore emergono lungo le vie Trento, Zanella, Pasubio, Manzoni, Battisti, Pellico, Spessa e laterali, Aosta, Perugia, Milano, Firenze Genova, Trieste, Monte Grappa, Martiri, Petrarca, Bellini, Dello Sport. In questi ultimi casi i volumi di alluvionamento sono al massimo di poche decine di metri cubi per tratto. Nella tavola **B10** vengono visualizzati i tempi di precipitazione critica, cioè i tempi di pioggia che genera i ristagni citati. Si tratta in genere di tempi inferiori all’ora (eventi di “scroscio”) ma non mancano eventi di 2-3 ore che qualificano volumi più elevati di esondazione soprattutto per la zona a monte del sottopasso di via Postumia da parte della roggia Friga.

Nella terza elaborazione viene studiato il comportamento del sistema di drenaggio nella situazione attuale a tempo di ritorno  $T_R=50$  anni. Anche in questo caso i principali risultati dell’elaborazione sono visualizzati nella tavola **B10**. Si segnalano problemi “sensibili” di ristagno idrico nel quartiere Europa, a nord di via San Pio X ed in corrispondenza dell’incrocio fra via San Pio X e Viale Europa, lungo via Trento, lungo via Garibaldi e strade laterali, lungo via Ronchi, presso il quartiere Allbruck, lungo via Dello Sport e via Roma, lungo le vie Belluzzo e Petrarca e nuovamente a monte del sottopasso della roggia Friga sotto via Postumia. Problemi di entità inferiore emergono lungo altre vie (anche non evidenziate nella tavola **B10** come il quartiere Borghi e lungo via Centro in Camazzole). Sempre nella tavola **B10** vengono visualizzati i tempi di precipitazione critica, cioè i tempi di pioggia che genera i ristagni citati. Si tratta in genere di tempi inferiori all’ora ma non mancano eventi di 2-3 ore ciò qualificando volumi più elevati di esondazione soprattutto per la zona a monte del sottopasso di via Postumia da parte della roggia Friga.

Con l’analisi 4 viene studiato il comportamento della fognatura bianca di Carmignano nella situazione “attuale” con tempo di ritorno  $T_R=100$  anni. I principali risultati sono visualizzati nella tavola **B10**. Sono segnalabili problemi “elevati” di ristagno idrico (convenzionalmente definibili con volumi di esondazione superiori a  $500 m^3$ ) nel quartiere Europa, a nord di via San Pio X ed in corrispondenza dell’incrocio fra via San Pio X e Viale Europa, lungo via Trento, lungo via Garibaldi e strade laterali, lungo via Ronchi, lungo via Martiri, presso il quartiere Allbruck, lungo via Dello Sport e via Roma, lungo le vie Belluzzo e Petrarca, dopo il sottopasso della roggia Bissara a via Belluzzo, lungo la roggia Lama a sud di via Ronchi, nel tratto della roggia Friga a nord di via Provinciale ed a monte del sottopasso della roggia Friga sotto via Postumia. La tavola **B10** visualizza inoltre i tempi di precipitazione critica, cioè i tempi di pioggia che genera i ristagni citati. Si tratta in genere

di tempi inferiori all'ora ma anche in questo caso non mancano eventi di 2-3 ore che qualificano i volumi più elevati di esondazione soprattutto per la zona a monte del sottopasso di via Postumia da parte della roggia Friga.

Con l'analisi 5 si studia il comportamento "con tutte le opere pubbliche previste realizzate" (vedi in particolare gli allegati **A3** ed **A7**). Il tempo di ritorno  $T_R$  è fissato in 50 *anni*. I principali risultati dell'elaborazione sono visualizzati nella tavola **B10**. Si osserva il mantenimento di una certa pericolosità idraulica residua significativa lungo via Trento (ove del resto non sono stati "esplicitate" particolari opere da fare ma dove il PCA preventiva soprattutto un robusto intervento di manutenzione straordinaria).

L'ultima analisi, la numero 6, studia il comportamento del sistema di drenaggio nella situazione a Piano delle Acque attuato, ovvero nel momento in cui tutte le opere pubbliche previste (vedi in particolare gli allegati **A3** ed **A7**) sono state realizzate. Tempo di ritorno  $T_R$  fissato in 100 *anni*. I principali risultati dell'elaborazione sono visualizzati nella tavola **B10**. Osserviamo il mantenimento di una certa pericolosità idraulica significativa lungo via Trento, Piazza Europa, parte di via Martiri con valori esondati superiori a  $100 m^3$  (in altri punti le "fuoriuscite" potenziali sviluppano valori inferiori).

#### **7.2.4 – La manutenzione**

L'allegato **A6** illustra procedure di manutenzione ordinaria e straordinaria delle vie d'acqua e dei manufatti idraulici (particolarmente per le caditoie). Una corretta ed efficace organizzazione della manutenzione permette di consolidare una alta affidabilità delle opere idrauliche prevedendo, e quindi riducendo, i possibili inconvenienti che possono comportare notevoli disfunzioni in situazione di piena o di tempo secco; inoltre una corretta manutenzione consente la corretta pianificazione degli oneri economici e finanziari connessi alla gestione della rete di drenaggio, in virtù di una valutazione dei costi prevedibili e ripartibili fra le diverse attività e funzioni della stessa rete.

L'allegato **A6** precisa le operazioni minimali per l'esecuzione degli interventi sui componenti della fognatura bianca, descrivendo in particolare i contenuti degli interventi programmati di conduzione. La manutenzione ordinaria è prevista con attività di verifica, pulizia e sostituzione, mentre la manutenzione straordinaria è prevista per ricondurre i componenti delle opere idrauliche almeno nelle condizioni iniziali di funzionalità.

#### **7.2.5 – Indirizzi amministrativi e normative**

Pur se il Piano delle Acque non costituisce strumento di "normazione" e di "indirizzo amministrativo" in senso stretto, si ritiene utile riprendere le principali leggi e disposizioni settoriali correlate alla gestione dell'acqua di pioggia e prospettare concretamente una bozza di regolamento, a valenza comunale, destinato a regolamentare la stessa gestione delle acque di pioggia.

La bozza andrà ripresa, riveduta, corretta e/o ampliata in sede di formazione del primo Piano di Assetto del Territorio comunale (PAT) acquisendo in tal modo le caratteristiche di "norma urbanistica" legalmente da applicare e far applicare.

### **7.2.5.1 – Normative di settore**

I principali strumenti di pianificazione territoriale validi per la realtà comunale di Carmignano di Brenta sono il Piano Territoriale di Coordinamento della Regione Veneto (PTRC), il Piano Territoriale di Coordinamento provinciale di Padova (PTCP), il Piano regionale di Tutela delle Acque (PTA) ed il Piano di Assetto Territoriale del Comune di Carmignano di Brenta (PAT).

Nella relazione al documento preliminare del PTRC si evidenzia come il Piano stesso intenda seguire specifici obiettivi atti a prevenire e contrastare i fenomeni di cambiamento climatici attraverso azioni come la difesa dei fiumi, laminazione delle piene, riorganizzazione delle aree urbanizzate finalizzate a favorire la permeabilità dei suoli e rallentare il deflusso delle acque, creazione di aree di espansione per le acque di pioggia, ecc...

Tra le finalità del PTCP c'è la conservazione e miglioramento dell'ambiente e l'uso razionale delle risorse naturali. Il PTCP individua all'interno del territorio provinciale le aree soggette ad esondazione e a ristagni idrici incontrollati. Il PTCP richiede alle amministrazioni comunali di inserire nello strumento urbanistico specifiche disposizioni di polizia idraulica e rurale.

Il PAT di Carmignano è in corso di preparazione. Durante il lavoro di predisposizione andranno recepiti indicazioni e prescrizioni del PTCP e del PATI del Medio Brenta di cui Carmignano fa parte. Oggetto del PAT sarà la programmazione ed organizzazione degli interventi futuri di trasformazione urbanistica ed edilizia; obiettivi primari del PAT saranno l'acquisizione del controllo delle azioni di sviluppo del territorio, la valorizzazione del paesaggio, la tutela dell'ambiente ed il governo della qualità edilizia ed urbanistica.

Il PTA contiene le misure necessarie ad acquisire la tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico; in particolare il PTA contiene gli interventi volti a garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale previsti dagli articoli 76 e 66 del D.L.vo 152/2006. Il PTA illustra le misure per la gestione delle acque di pioggia e di dilavamento.

Con riferimento alle norme di gestione, manutenzione e tutela delle vie d'acqua vanno infine ricordate le seguenti leggi e decreti:

- R.D.L. 368/1904. Regolamento per l'esecuzione del T.U. delle leggi 195/1900 e 333/1902, sulle bonificazioni delle paludi e dei territori paludosi e s.m.i.
- R.D.L. 215/1933. Nuove norme per la bonifica integrale e s.m.i.
- L. 183/1989. Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- D.L.vo 42/2004. Codice dei beni culturali e del paesaggio.
- L.R. 11/2004. Norme per il governo del territorio.
- D.L.vo 152/2006. Norme in materia ambientale.
- L.R. 12/2009. Nuove norme per la bonifica e la tutela del territorio.

### **7.2.5.2 – Bozza di Normativa idraulica comunale**

In allegato **A9** viene presentata una bozza di *Norme, Prescrizioni ed Indicazioni* (NPI) che, opportunamente integrate e/o rivedute, andranno a costituire parte integrante del futuro Piano Assetto del Territorio di Carmignano di Brenta.

Le NPI, se adottate ed approvate, disciplineranno l'attività edilizia e di trasformazione del territorio relativamente alle problematiche di carattere idraulico; il fine primario sarà quello di evitare un aggravio del rischio idraulico connesso con l'antropizzazione del territorio e, per quanto possibile, favorire la mitigazione o la parziale risoluzione delle criticità attualmente presenti "mano a mano" che le opere previste dal Piano delle Acque andranno realizzate.

Carmignano di Brenta, 01/2013