

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA



COMUNE DI SAN ZENO NAVIGLIO

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICO E SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
(ai sensi dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, N. 12)**



RELAZIONE GEOLOGICA

Responsabile del progetto :
Dr. Geologo Giovanni Fasser

Rilevatori :
Dr. Geol. Lara Rossi
Dr. Forestale Eugenio Fasser
Dr. Geol. Giovanni Fasser

Brescia, Marzo 2007

Disegni e stampa :
Dr. Forestale Eugenio Fasser
Dr. Geol. Lara Rossi

Programma CAD-GIS
MicroStation V8

Base topografica :
aereofotogrammetrico
comunale

Indice generale

1. PREMESSA.....	5
1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
1.2 ALLEGATI CATOGRAFICI:.....	7
1.3 ALLEGATI GRAFICI E TABELLE :.....	7
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	8
3. SINTESI DEI DATI ESISTENTI	9
3.1 BIBLIOGRAFIA	12
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	13
4.1 UNITA' LITOLOGICHE.....	14
4.1.1. Depositi fluvioglaciali grossolani dell'alta pianura (ghiaie sabbiose e sabbie).....	15
4.1.2. Depositi fluvioglaciali medio grossolani della media pianura (sabbie e ghiaie sabbioso- limose).....	15
4.1.3 Materiali di riporto.....	15
4.2 UNITA' LITOLOGICHE E PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	15
4.2.1 Ghiaie sabbiose e limose (depositi fluvioglaciali dell'alta pianura a partire da -3,00/5,00 m dal p.c.).....	16
4.2.2 Sabbie e ghiaie (depositi fluvioglaciali e fluviali della media pianura a partire da -3,00 /5,00 m dal p.c.).....	16
4.2.3 Materiali di riporto.....	16
5. ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA.....	17
5.1 - A) FORME E DEPOSITI GLACIALI ANTICHI.....	17
5.2 - B) FORME CONNESSE ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	17
5.3 - C) FORME ANTROPICHE.....	17
5.4 CARTA LITO- PEDOLOGICA CON ELEMENTI MORFOLOGICI.....	17
5.4.1. INQUADRAMENTO E METODOLOGIA.....	18
5.5 carta inventario movimenti franosi (Scala 1:10.000) – CARTOGRAFIA PTCP.....	20
6. ELEMENTI METEO-CLIMATICI.....	21
6.1 CLIMA.....	21

7. SISTEMA IDROGRAFICO.....	24
7.1 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI ELEMENTI DEL SISTEMA IDROGRAFICO.....	24
7.1.1 RETICOLO IDRICO PRINCIPALE.....	24
7.1.2 RETICOLO IDRICO GESTITO DAL CONSORZIO DI BONIFICA MEDIO CHIESE – CALCINATO (BS).....	24
7.1.3 RETICOLO IDRICO MINORE COMUNE DI S. ZENO NAVIGLIO.....	24
7.1.4 Aree periodicamente allagate per tracimazione dei corsi d’acqua.....	25
7.1.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA SITUAZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA.....	25
7.2 I FONTANILI.....	25
7.2.1 GENESI DEI FONTANILI.....	25
7.2.2 CENNI STORICI.....	27
7.2.2 STRUTTURA E CARATTERISTICHE DEI FONTANILI.....	27
7.2.2.1 Struttura.....	27
7.2.2.2 morfologia.....	28
7.2.2.3 Caratteristiche chimiche e fisiche dell’acqua.....	28
7.2.2.4 temperatura, conducibilità, portate.....	29
7.2.3 IL BIOTOPO FONTANILE.....	29
7.2.3.1 FAUNA.....	30
7.2.4 CENSIMENTO DEI FONTANILI DI SAN ZENO NAVIGLIO.....	30
8. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO.....	31
8.1 IDROGEOLOGIA DELLA PIANURA PADANA.....	31
8.1.1 SERIE IDROGEOLOGICA DELLA PIANURA PADANA.....	31
8.1.1.1 Substrato roccioso indifferenziato.....	31
8.1.1.2 Unità “villafranchiana Auct”.....	31
8.1.1.3 Unità a a conglomerati e fluvioglaciale Mindel – Riss.....	32
8.1.1.4 Unità ghiaioso – sabbiosa.....	32
8.1.2 UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE SEQUENZIALI.....	32
8.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DELLA PIANURA BRESCIANA.....	33
8.3 Unità idrogeologiche.....	34
A) Unità sabbioso-ghiaiosa.....	34
B) Unità a conglomerati e fluvioglaciale Mindel-Riss.....	34
C) Unità Villafranchiana continentale.....	34
D) Unità Villafranchiana marina.....	34
8.4 Sezioni idrogeologiche.....	34
8.5 CAMPAGNA DI MISURE PIEZOMETRICHE.....	35
8.5.1 SOGGIACENZA E PIEZOMETRIA.....	35
8.6 Caratteristiche degli acquiferi.....	36
8.7 FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO PUBBLICHE E PRIVATE.....	36
8.8 QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE CAPTATE DAI POZZI COMUNALI.....	37
9. VULNERABILITA' NATURALE DEGLI ACQUIFERI.....	38
9.1 METODOLOGIA UTILIZZATA.....	38

9.1.2 VULNERABILITA' DELLA FALDA FREATICA	38
9.1.2.1 – Prima fase.....	39
9.1.2.2 – Seconda fase.....	40
9.1.2.3 – Terza Fase.....	40
8.1.3 VULNERABILITA' DELLE FALDE PROFONDE.....	41
10. SISMICITA'.....	42
10.1 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	42
10.1.1 ANALISI DI 1° LIVELLO.....	42
10.1.2 ANALISI DI 2° LIVELLO.....	43
11. CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI.....	45
12. CARTA DI SINTESI.....	46
12.1 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO.....	46
12.1 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO.....	46
2.1 AREE CON TERRENI CHE PRESENTANO CARATTERISTICHE GEOTECNICHE SCADENTI.....	46
13. CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.....	47
13.1 - CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI.....	47
4a - Area di pertinenza del corso d'acqua esondabile in concomitanza di piene ordinarie e/o soggetta a fenomeni erosivi collegati all'attività idrica.....	48
4b – Aree a rischio idraulico.....	48
4c - Zona di tutela assoluta del pozzo comunale.....	48
4d – Area di cava dismessa.....	48
13.2 - CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI.....	49
3a - Zona di rispetto del pozzo comunale.....	49
3b - Aree ad elevata vulnerabilità intrinseca della falda freatica.....	49
3c – Area con emergenza idrica (fontanile).....	50
3d – Area con caratteristiche geotecniche scadenti.....	50
13.3 - CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI.....	51
2a - Aree caratterizzate da vulnerabilità intrinseca della falda freatica medio-alta.....	51
14. CONCLUSIONI.....	53

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di San Zeno Naviglio (Determinazione Dirigenziale n. 118 del 07/09/2006) è stato eseguito uno studio per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.r. 11 marzo 2005, n. 12, secondo i criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Piano di Governo del Territorio (D.G.R. 22 dicembre 2005 – N. 8/1566).

Lo studio è stato programmato sulla scorta dei dati esistenti e dello studio geologico esistente (a cura dello Studio Geologia Ambiente, Dr. Geol. Laura Ziliani, 1995); tale studio è stato redatto secondo le direttive della D.G.R. 18 maggio 2003 – N. 5/36147.

Si è tenuto conto dello studio specifico per la definizione del reticolo idrico minore dell'intero territorio comunale (ai sensi della L.r. 1/2000), effettuato dallo scrivente. Sono state analizzate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e ambientali del territorio comunale, allo scopo di evidenziare la presenza di problematiche di tipo geologico che possono condizionare o limitare l'uso del territorio.

Lo studio si è avvalso inoltre degli studi e del materiale cartografico disponibili relativamente alla zona in esame, compreso quelli contenuti nel SIT della Regione Lombardia (carte geoambientali e dei suoli, ERSAF) e dei dati di letteratura.

Sono state consultate le Carte Inventario dei fenomeni franosi a scala 1:10.000 a cura della Struttura Rischi Idrogeologici della Regione Lombardia e i documenti del "Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brescia".

E' stato effettuato un rilevamento di campagna del territorio comunale che ha consentito di esaminare le caratteristiche geomorfologiche, litologiche, pedologiche e idrogeologiche. I dati geologici rilevati e quelli esistenti, uniti all'interpretazione e al controllo delle fotografie aeree hanno permesso la redazione della cartografia di inquadramento (CARTA LITO-PEDOLOGICA CON ELEMENTI MORFOLOGICI), prodotta in scala 1: 5.000.

E' stato inoltre aggiornato il quadro idrogeologico del territorio comunale, sulla base degli studi esistenti (dati riguardanti i pozzi pubblici e privati nel territorio comunale ed in quelli limitrofi, in particolare quelli forniti di dati tecnici). Sono stati rilevati anche i livelli piezometrici in alcuni punti significativi, per la ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica. Le stratigrafie dei pozzi hanno permesso di tracciare alcune sezioni idrogeologiche al fine di ricostruire la struttura in profondità del territorio in funzione dei corpi idrici presenti. I dati idrogeologici rilevati sono riportati sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA' CON ELEMENTI IDROGRAFICI in scala 1: 5.000.

Si è quindi proceduto all'analisi del rischio sismico per poter valutare la risposta sismica locale rispetto sia alle condizioni morfologiche sia alle condizioni litologiche, che può influenzare l'accelerazione sismica di base per effetti di sito. La risposta sismica locale è stata analizzata applicando la procedura dell'allegato 5 della D.G.R. 22 dicembre 2005 – N. 8/1566. E' stata realizzata la CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA DI I LIVELLO (SCALA 1: 10.000). Quindi si è passati all'analisi di II livello per la definizione del Fattore di Amplificazione Sismica. A tale scopo sono state programmate ed eseguite indagini geofisiche (prospezioni sismiche a rifrazione con misura delle onde P e S) in alcuni siti significativi da un punto di vista geologico e urbanistico, che hanno permesso di elaborare, anche sulla base

dei dati geologici e geotecnici disponibili, il modello geofisico del sottosuolo. Dalla successiva elaborazione dei dati acquisiti e di altri dati esistenti è stata costruita la CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA DI II LIVELLO (SCALA 1: 5.000).

E' stata quindi elaborata la CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI, a scala 1: 5.000 nella quale sono evidenziati i diversi ambiti di vincolo.

Dalla valutazione incrociata dei risultati emersi dallo studio geologico, sismico e dei vincoli esistenti è stata prodotta la CARTA DI SINTESI in scala 10:5.000, in cui vengono evidenziati gli elementi principali che concorrono alla realizzazione della CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO, in scala 1:5.000. Tale carta puntualizza, per tutto il territorio comunale, le limitazioni presenti di tipo geologico rispetto alla fattibilità degli interventi previsti dal piano.

Infine la relazione geologica è composta, secondo le direttive della D.G.R. 22 dicembre 2005 – N. 8/1566, da due elaborati :

- relazione geologica illustrativa, nella quale sono evidenziati e descritti tutti gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, oltre a dati sul reticolo idrico, meteorologia e di amplificazione sismica;
- Norme Geologiche di Piano, nelle quali sono indicate le limitazioni corrispondenti alle varie classi di fattibilità geologica.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio in esame è stato effettuato in ottemperanza all'art. 25 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12, secondo i criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Piano di Governo del Territorio (D.G.R. 22 dicembre 2005 – N. 8/1566).

Altri codici di riferimento, che sono stati tenuti in conto nella realizzazione dello studio, sono i seguenti :

- **PAI o Adozione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino di rilievo nazionale del Fiume Po (Deliberazione dell'Autorità di Bacino n. 18 del 26/04/2001) e D.P.C.M. 24/05/2001;**
- **L.R. 1/2000 – D.G.R. N. 7/7868 e successive modifiche, attribuzione ai comuni dei compiti di Polizia Idraulica sul reticolo idrico minore;**
- **D.Lgs. n.152/2006 norme tecniche in materia ambientale (criteri di qualità e tutela delle acque);**
- **Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni e integrazioni, seguita dalla D.G.R. 07/11/2003 N. 7/4964, che inseriscono il territorio comunale di Chiari in Zona 3;**
- **d.d.u.o. n. 19904 del 21/11/2003, con l'elenco delle tipologie di edifici classificabili come strategici e rilevanti;**
- **D.M. 14/09/2005 Testo Unitario sulle Costruzioni, che sancisce l'obbligo di effettuare la progettazione antisismica nelle zone 1-2-3, mentre nella zona 4 l'obbligo vale soltanto per gli edifici strategici o rilevanti;**

1.2 ALLEGATI CATOGRAFICI:

- TAV. 1 CARTA LITO-PEDOLOGICA CON ELEMENTI MORFOLOGICI (scala 1: 5.000);
- TAV. 2 CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA' CON ELEMENTI IDROGRAFICI (scala 1: 5.000);
- TAV. 3 CARTA DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI (scala 1: 5.000);
- TAV. 4 CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA DI I LIVELLO (scala 1: 10.000);
- TAV. 5 CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA DI II LIVELLO (scala 1: 5.000);
- TAV. 6 CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI (scala 1: 5.000).
- TAV. 7 CARTA DI SINTESI (scala 1: 5.000).
- TAV. 8 CARTA DELLA FATTIBILITA' E DELLE AZIONI DI PIANO (scala 1: 5.000).

Documenti estratti dallo Studio Geologico e Ambientale del territorio comunale, 1995 (a cura dello Studio GEOLOGIA AMBIENTE – Dr. Geol. Laura Ziliani) :

- SEZIONI IDROGEOLOGICHE (Scala orizzontale 1: 10.000 – scala verticale 1: 1.000);
- TABELLA DEI POZZI IN COMUNI LIMITROFI;
- STRATIGRAFIE POZZI;
- SCHEDE FONTANILI;

1.3 ALLEGATI GRAFICI E TABELLE :

- TAVOLETTA IGM STORICA (Scala 1 : 25.000);
- TABELLA DEI POZZI IN COMUNE DI SAN ZENO;
- SCHEDE E STRATIGRAFIE DEI POZZI COMUNALI;
- TABELLE ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE;
- STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI;
- SCHEDE SISMICHE DI VALUTAZIONE EFFETTI DI SITO.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di S. Zeno Naviglio (BS) occupa una superficie complessiva di 6,11 Km² e si trova a circa 5 Km da Brescia, nell'alta Pianura bresciana, in prossimità del confine con la città di Brescia. La popolazione è di 3.447 abitanti, con una densità di 560,5 abitanti/Km² (dati ISTAT 2001). I confini amministrativi sono :

- a nord con il comune di Brescia;
- a ovest con Brescia e Flero;
- a sud con i comuni di Poncarale e Montirone;
- a est con il comune di Borgosatollo;

La viabilità principale è costituita dalla :

- SS 45bis Gardesana Occidentale, che attraversa l'abitato da nord a sud;
- Autostrada A21 Torino-Piacenza-Brescia, sul lato est del territorio comunale
- La Linea ferroviaria Cremona Brescia, che all'altezza dell'abitato si dirama dando origine alla linea Parma-Brescia.

La viabilità secondaria, ad esclusione dei percorsi interni all'abitato, è composta da strade comunali, non sempre asfaltate, che si snodano attraverso la campagna in diverse direzioni.

Il paesaggio tipico dell'ambiente della alta pianura lombarda, regolarmente pianeggiante (quota massima 115 m e minima 98 m s.l.m.) con deboli pendenze (gradiente topografico < 1%), è interessato da deboli segni dell'idrografia relitta. Si notano alcune aree debolmente depresse corrispondenti in passato ad antichi percorsi delle acque superficiali, legate a condizioni morfologiche e climatiche diverse dalle attuali.

Il comune è costituito da un nucleo storico attorno al quale si è sviluppato l'urbanizzato principale, costituito da edifici residenziali e verso nord e sud attività industriali ed artigianali, mentre verso nord-est si hanno le principali attività commerciali; al di fuori di tale ambito si hanno numerose cascine, più o meno isolate, sparse sul territorio comunale.

La maggior parte del territorio non urbanizzato è contraddistinta dal paesaggio rurale in cui prevalgono gli spazi destinati principalmente all'agricoltura e all'allevamento.

3. SINTESI DEI DATI ESISTENTI

Lo studio si è avvalso innanzi di tutti dati disponibili in letteratura derivanti da studi di carattere generale o locale e del materiale cartografico (Aerofotogrammetrico comunale, IGM, CTR 1: 10.000 – carte catastali, ecc) disponibili sulla alla zona in esame. Lo studio delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche e geotecniche ha previsto una prima fase in cui sono stati considerati anche i dati rilevati da indagini geognostiche eseguite sul territorio comunale di San Zeno e limitrofi.

Per i dati pedologici si ha fatto riferimento innanzi tutto alla cartografia pedologica e ambientale dell'ERSAF (Regione Lombardia).

L'analisi del sistema idrografico e della circolazione idrica sotterranea è stata effettuata mediante l'esame degli studi precedenti (Politecnico di Milano), della cartografia disponibile (anche storica), delle foto aeree, degli studi del PAI e PTCP.

La geologia può ricavare dai documenti storici elementi di valutazione ed indicazioni, che, integrate con i "dati di campo" litologici, strutturali e morfologici, permettono l'individuazione delle zone a rischio idrogeologico. I dati forniti dalla ricerca storica, infatti, rappresentano un precedente utile al riconoscimento della tipologia e, entro certi limiti, dell'entità e della distribuzione territoriale del rischio.

I dati a nostra disposizione sono pochi e sono tratti dalla letteratura scientifica e divulgativa, essendoci stati nella storia pochi eventi significativi da un punto di vista idrogeologico o sismico.

Secolo VI

564 d.C. Territorio bresciano

"Lunghj e frequenti piogge" danno luogo ad inondazioni nel Bresciano.

590 d.C. Brescia e sobborghi

Intense precipitazioni e conseguenti fenomeni alluvionali interessano il bacino del torrente Garza che nei pressi di Brescia supera tutti gli argini. Ha luogo una "strage" di vite umane e animali. Analoghi avvenimenti interessano, per l'alluvione del fiume Adige, le città di Trento e di Verona. Sono segnalate anche ditrsuzioni di strade.

Secolo VII

652 d.C. Brescia e sobborghi

"Larghissima , e copiosissima inondazione d'acqua" - presumibilmente dovuta al torrente Garza – dà luogo ad una estesa ed "empia mortalità" di "assai Cittadini".

Secolo XI

1083

Forti piogge e inondazioni colpiscono il territorio bresciano. Mnacano indicazioni puntuali sulle zone interessate dall'evento.

1093

Inondazioni in varie zone del Bresciano, peraltro non specificate.

Secolo XII

1118

Le cronache registrano un altro terremoto.

1141-1142, fine inverno

Dopo una stagione invernale caratterizzata da estese e consistenti nevicate, un forte disgelo provoca gravi inondazioni nel territorio bresciano. Non vengono fornite tuttavia indicazioni territoriali puntuali.

Secolo XIII**1221**

Causate da piogge insistenti si verificano diffuse inondazioni che interessano la pianura bresciana.

1229

Estese inondazioni con "morte di moltissimi huomini et animali".

1230, 5 novembre

Ancora piogge e inondazioni, più dannose che non quelle di sette anni prima, si estendono alle campagne della pianura. Sono segnalate distruzioni di ponti in varie zone non precisate.

1256

Piogge insistenti e prolungate determinano l'insorgere di estese inondazioni che riguardano l'intera Lombardia oltre che il territorio bresciano, in particolare zone della pianura.

Sono inoltre registrate anche esondazioni di laghi bresciani e lombardi, non puntualmente indicati dagli AA.

Secolo XIV**1361 Territorio bresciano, dal 10 ottobre a tutto dicembre**

"Tante piogge" e conseguenti inondazioni nel Bresciano, senza indicazioni sulle zone ineterssate.

Secolo XV**1451, 15 ottobre**

Terremoto ricordato e descritto da Corradino Palazzo.

1481, Brescia e valle del torrente Garza 12-13 marzo

A seguito di forti piogge il torrente Garza sormonta il ponte della Garzetta, allaga strade e case del borgo S. Alessandro nonché la zona dei mulini di S. Agata e S. Lorenzo.

1484, Valle del Garza, Brescia, San Zeno, Bagnolo Mella 3-4 agosto

In conseguenza di forti piogge il torrente Garza supera gli argini e inonda il territorio circostante sia nella Valle che nell'abitato di Brescia. L'inondazione si estende agli abitati di San Zeno e di Bagnolo Mella.

Secolo XVII**1617 Territorio bresciano**

"Aquae immensae inundationes" : così recita la molto sommaria annotazione contenuta nella "Chronologia ab anno 1598 etc" di Ormanico.

1623, 6 ottobre

Scossa di terremoto sentita in tutto il territorio.

1670, autunno

“Pioffe grandissime” interessano il territorio bresciano nel suo complesso, anche se la fonte non denuncia effetti dannosi.

Secolo XVIII**1774, 29 marzo**

Terremoto. “Il lunedì notte alle ore 9 in punto venendo il martedì 29 marzo 1774, venne una gagliarda scossa di terremoto, che fece gran timore a chi l'intese. Nel susseguente giorno 31 di detto mese nel giovedì Santo all'ora 21 ½ in circa fecesi nuovamente sentire un'altra scossa più gagliarda della prima, quale fece cadere in terra una balla che esisteva sopra una guglia della facciata del tempio de SS. Faustino e Giovita nostri Protettori, e qualche massa de camini facendo grande timore al popolo, e massime ai vicini di detta basilica. Nel secondo giorno di Pasqua di Resurrezione alle ore 10 si è fatta sentire l'ultima scossa, ma più leggera, né ha fatto alcun danno.”

1779

“Riuscito l'anno 1778 grandemente piovoso e terminato con lunghe e abbondanti piogge incominciò l'anno 1779 col bel sereno,...”

Secolo XIX**1810, Brescia, loc. S. Polo e dintorni gennaio**

E' la prima segnalazione di danni derivati da esondazioni del torrente Garza nella località S. Polo e dintorni, che proviene dalla documentazione ufficiale del Genio Civile. Viene allagato anche un tratto della strada per Mantova.

1810, Brescia, loc. S. Polo e dintorni 26-27 maggio

Si ripete quanto avvenuto a gennaio, con i medesimi effetti.

1812, Brescia, loc. S. Polo e dintorni ottobre

Il torrente Garza è ancora responsabile di esondazioni che interessano la campagna di S. Polo di Brescia e la strada per Mantova.

1813, Brescia, loc. S. Polo e dintorni gennaio

Vedi nota precedente.

1814, Brescia, loc. S. Polo e dintorni 16 luglio

Vedi nota precedente.

1827, Pianura bresciana maggio

Pioffe dirette e diffuse sono all'origine di manifestazioni alluvionali in più comuni della pianura.

1851, Brescia, loc. S. Polo e dintorni 3-4 ottobre

Per una straordinaria piena del torrente Garza viene allagata la “regia Postale per Mantova” a partire dalla periferia meridionale dell'abitato di Brescia.

1889, Brescia, loc. S. Polo e dintorni 29 ottobre

Uno dei frequenti straripamenti del torrente Garza provoca “gravissimi danni” soprattutto alle vie di comunicazione che risultano interrotte.

3.1 BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1988) – *Tra l'Oglio e il Mella – Amministrazione Provinciale di Brescia.*

Aller te al. (1985) – *DRASTIC : a Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. – EPA/6002-85/018.*

G.P.Beretta (1992) – *Idrogeologia per il disinquinamento delle acque sotterranee – Pitagora Editrice Bologna.*

G. Berruti (1998) – *Levandosi fiumi sopra le rive - Grafo (BS).*

B. Buizza (1999) – *Guida al riconoscimento dei ciottoli del Mella – Grafo (BS).*

M. Civita, M. De Maio (2000) – *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5 con CDRom - Pitagora Editrice Bologna.*

M. Civita, C. De Regibus (1995) – *Sperimentazione di alcune metodologie per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi – Pubbl. N. 1182 GNDICI-CNR U.O. 41 (Dipartimento Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino).*

E. Denti, S. Lauzi, P. Sala, L. Scesi (1988) – *Studio idrogeologico della pianura bresciana compresa tra i fiumi Oglio e Chiese – Milano.*

Regione Lombardia, Ente Regionale di Sviluppo Agricolo (1988) - *I suoli della bassa pianura bresciana fra i fiumi Mella e Chiese, Milano.*

Regione Lombardia – ERSAL (2001) – *Carte ambientali della pianura scala 1: 25.000 – CDRom.*

Servizio Geologico d'Italia - Carta Geologica d'Italia scala 1: 100.000 - Foglio n.47 - "Brescia".

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La genesi della pianura bresciana è collegata all'alternarsi, nel Pleistocene, di periodi glaciali ed interglaciali che hanno portato alla sovrapposizione ed interazione dei fenomeni deposizionali ed erosivi. Gli scaricatori fluvioglaciali, alimentati dalle acque di fusione dei ghiacciai, all'esterno degli anfiteatri accumularono i materiali morenici formando conoidi di transizione che a valle sfumano nella vasta pianura bresciana.

Le alluvioni dei principali corsi d'acqua hanno in tal modo costruito un potente materasso ghiaioso e sabbioso che si spinge verso sud fino alla fascia delle risorgive. A partire da questa fascia, in relazione alla diminuzione di energia dell'agente di trasporto, il materasso della pianura si differenzia rapidamente in una struttura caratterizzata da frequenti alternanze di livelli ghiaiosi sabbiosi e livelli limoso argillosi. Procedendo sempre più verso sud le ghiaie sono sostituite da sabbie e i depositi fini impermeabili divengono sempre più frequenti e potenti.

All'interno della pianura bresciana si possono così distinguere tre settori con caratteristiche litologiche, morfologiche, podologiche e idrogeologiche differenti : alta, media e bassa pianura.

L'alta pianura è delimitata verso sud dalla linea delle risorgive ed è caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali ghiaiosi grossolani o ciottolosi in matrice essenzialmente sabbiosa. Lo spessore dei sedimenti grossolani varia da oltre 100 m verso nord a 30-40 m al limite della fascia delle risorgive. Sono terreni in genere molto permeabili con suoli sottili bruno-rossastri

La **media pianura** corrisponde grosso modo alla **fascia delle risorgive** ed è caratterizzata da depositi alluvionali sabbiosi e ghiaiosi passanti a limosi sabbiosi. La diminuzione della permeabilità dei depositi unitamente al decremento del gradiente topografico induce la superficie freatica ad avvicinarsi al piano di campagna e, in corrispondenza di depressioni naturali e/o artificiali, si verifica il fenomeno delle risorgive.

Il limite tra alta e medio-bassa pianura ha diversi significati:

- morfologico: si passa da una topografia maggiormente acclive e accidentata a una topografia pianeggiante o suborizzontale;
- geologico: si passa da depositi alluvionali grossolani a terreni più fini;
- idrogeologico: si passa da terreni più permeabili a terreni dotati di permeabilità più bassa;
- agronomico: si passa da suoli e terreni poco lavorabili e meno fertili a terreni più facilmente lavorabili e fertili

La genesi delle risorgive o **fontanili** va collegata alle variazioni granulometriche nei depositi alluvionali della pianura : dall'alta alla media e bassa pianura si passa progressivamente da terreni più grossolani a terreni fini; tale fatto comporta una diminuzione della permeabilità che, unitamente al decremento del gradiente topografico, induce la superficie freatica ad avvicinarsi al piano di campagna. In corrispondenza di depressioni naturali e/o artificiali della superficie topografica si verificano emergenze d'acqua proveniente dalla falda freatica.

In questo settore la fascia delle risorgive non presenta un andamento regolare a causa della sovrapposizione tra i depositi tipici della pianura e dei materiali alluvionali della fascia interessata dall'azione svolta in passato dal Fiume Mella. Nel territorio in esame i fontanili sono presenti nella zona compresa tra l'Azienda Agricola Naviglio e la località Aspes.

La **media pianura** è quindi caratterizzata da depositi alluvionali sabbiosi e ghiaiosi passanti a sabbiosi e limosi, che definiscono il livello fondamentale della pianura. Sono presenti aree caratterizzate da depositi più fini, leggermente ribassate rispetto al livello fondamentale della pianura, che un tempo erano occupate da paludi successivamente bonificate; in tali zone sono presenti suoli poco profondi, grigio-nerastri, torbosi.

Infine la **bassa pianura**, che si trova più a sud del territorio in esame, è caratterizzata dalla prevalenza di depositi a granulometria più fine, come sabbie e limi argillosi.

La **litologia** e la **morfologia** della zona sono quindi derivanti dall'attività deposizionale ed in subordine erosiva dei corsi d'acqua fluvioglaciali e di quelli recenti. In profondità si trovano depositi continentali e marini, prevalentemente limoso-argillosi, del Pleistocene Inferiore.

I depositi quaternari sono impostati su un basamento, costituito dalle formazioni mesozoiche e terziarie, con una superficie che immerge tendenzialmente verso Sud, interrotta dalla presenza di strutture anticlinali e sinclinali sepolte che hanno effetti sulla struttura geologica di superficie di alcune zone della Pianura Bresciana.

La successione stratigrafica comprende in superficie potenti **depositi di origine fluvioglaciale** collegati agli scaricatori glaciali wurmiani. Sono costituiti da depositi ghiaioso-sabbiosi originati dalla selezione idraulica operata dall'ambiente fluvioglaciale connesso allo scioglimento dei ghiacciai e sono ricoperti da uno strato argilloso di alterazione. Più in profondità si hanno i **depositi fluvioglaciali** più antichi (**Pleistocene medio**), passanti a conglomerati. La litologia varia da conglomerati a sabbie, ghiaie e argille, attribuibili alle diverse fasi glaciali del Pleistocene medio. Al di sotto si hanno i **depositi continentali e marini del Pleistocene inferiore**, con litologie prevalentemente limoso-argillose, a tratti torbose (unità villafranchiana). L'unità risulta costituita da depositi continentali: limi, limi sabbiosi e argillosi, a tratti depositi torbosi, con intercalazioni di sabbie e rare ghiaie. Alla base si hanno i sedimenti di origine marina, prevalentemente argillosi.

Il territorio comunale di San Zeno Naviglio si inserisce al passaggio dall'alta pianura alla media, nella fascia delle risorgive. Sono presenti depositi continentali di genesi fluvioglaciale e fluviale, che in questa zona possiedono spessori rilevanti e sono caratterizzati da condizioni di giacitura uniformi. Dal punto di vista geologico è possibile distinguere:

- ◆ nel settore nord-orientale del territorio i **depositi fluvioglaciali** dell'alta pianura;
- ◆ nel settore centrale e sud-occidentale **depositi fluviali e fluvioglaciali** della media pianura.

4.1 UNITA' LITOLOGICHE

La suddivisione in diverse unità litologiche deriva dall'esecuzione dei rilievi di campagna, tenuto conto delle unità litostratigrafiche istituite in letteratura per la zona oggetto di studio, tali rilievi sono quindi stati integrati dall'interpretazione delle fotografie aeree.

La successione stratigrafica delle unità presenti nel territorio in oggetto è rappresentata da terreni riferibili al Quaternario che possono essere così schematizzati (dai più antichi ai più recenti):

4.1.1. Depositi fluvioglaciali grossolani dell'alta pianura (ghiaie sabbiose e sabbie)

Occupano la parte nord-orientale del territorio comunale di San Zeno. Si tratta di depositi alluvionali costituiti da ghiaie grossolane in scarsa matrice sabbiosa, talora limosa e argillosa, con lenti di argilla scarse e di esiguo spessore. Sono ricoperti in genere da suoli sottili (< 1,00m) con presenza significativa di ciottoli e ghiaia. Hanno spessori di 30-40 m fino ad un massimo di 70 m. Quindi si ha l'unità conglomeratica, con conglomerati, sabbie, ghiaie e argille, attribuibili alle diverse fasi glaciali del Pleistocene medio. Al di sotto si hanno i depositi continentali e marini del Pleistocene inferiore, con litologie prevalentemente limoso-argillose, a tratti torbose (unità villafranchiana).

4.1.2. Depositi fluvioglaciali medio grossolani della media pianura (sabbie e ghiaie sabbioso-limose)

Occupano la parte centrale e sud-occidentale territorio comunale e sono caratterizzati da una maggiore varietà granulometrica. Si tratta di depositi sabbiosi e ghiaiosi, che presentano una frazione granulometrica complessivamente più fine dei terreni presenti verso Nord. Rappresentano i terreni della fascia delle risorgive (media pianura) con terreni ghiaiosi poco grossolani e sabbie passanti a tratti a sabbie limose. Gli orizzonti limosi e argillosi, pur avendo spessori sempre dell'ordine del metro, si trovano più frequentemente. Tale varietà è legata all'azione di rielaborazione dei sedimenti alluvionali ad opera del Fiume Mella, quando attraversava la parte superiore della pianura, lambendo verso est il Monte Netto.

4.1.3 Materiali di riporto

Si tratta di materiali di riporto inerti, eterogenei, accumulati per lo più sul territorio per la realizzazione dei rilevati delle vie di comunicazione principali e secondarie o in prossimità di aree edificate o in fase di urbanizzazione. Buona parte del nucleo storico di S. Zeno e delle frazioni risultano appoggiare su uno strato di materiali di riporto con i quali è stata ottenuta una bonifica dei terreni di fondazione. Interventi di regolarizzazione della topografia sono stati realizzati in alcune aree sul territorio mediante materiali di riporto. Sono stati cartografati dove l'estensione e lo spessore risultano significativi per la scala utilizzata.

4.2 UNITA' LITOLOGICHE E PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Alle unità litologiche è stata associata una prima caratterizzazione geotecnica alla stima della quale hanno concorso sia indagini geognostiche e studi eseguiti in precedenza che da altri dati disponibili derivanti da indagini di carattere geologico effettuate sul territorio. La discreta omogeneità dei terreni di superficie e gli scavi esplorativi eseguiti hanno permesso una correlazione dei terreni per aree omologhe, operando dove possibile una distinzione nell'ambito della stessa classe litologica.

Vengono riportati di seguito i parametri geotecnici attribuibili alle varie unità litologiche.

4.2.1 Ghiaie sabbiose e limose (depositi fluvioglaciali dell'alta pianura a partire da -3,00/5,00 m dal p.c.)

γ	20 KN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	11 KN/m ³	Peso unitario del terreno immerso
Dr	50-70 %	Densità relativa
C	0 KPa	Coesione
ϕ	31°- 35°	Angolo di resistenza al taglio
E	28-38 MPa	Modulo di deformazione

4.2.2 Sabbie e ghiaie (depositi fluvioglaciali e fluviali della media pianura a partire da -3,00/5,00 m dal p.c.)

γ	20 KN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	11 KN/m ³	Peso unitario del terreno immerso
Dr	40-60 %	Densità relativa
C	0 KPa	Coesione
ϕ	30- 33°	Angolo di resistenza al taglio
E	20-30 MPa	Modulo di deformazione

4.2.3 Materiali di riporto

Ai materiali di riporto, tendenzialmente poco idonei come terreni di fondazione per la loro natura spiccatamente eterogenea e per il rimaneggiamento, sono sempre associate caratteristiche geotecniche scadenti o molto scadenti.

5. ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA

Il territorio comunale di San Zeno Naviglio si presenta per lo più regolarmente pianeggiante con debole pendenza verso sud-ovest (0,45 % in media). La morfologia monotona e regolare è in realtà costituita da deboli ondulazioni molto allungate, con direzione compresa tra NNE e NNW.

Il territorio comunale possiede quindi una configurazione morfologica che può essere riferita ai seguenti processi morfogenetici :

- A) FORME E DEPOSITI GLACIALI ANTICHI
- B) FORME CONNESSE ALL' IDROGRAFIA SUPERFICIALE
- C) FORME ANTROPICHE

5.1 - A) FORME E DEPOSITI GLACIALI ANTICHI

La piana fluvioglaciale presenta una morfologia subpianeggiante, debolmente ondulata, per l'azione dell'acqua degli scaricatori fluvioglaciali defluenti dall'anfiteatro morenico gardesano. Questi antichi corsi d'acqua hanno lasciato tracce nella rete di paleoalvei sepolti e non, che sono visibili, anche per mezzo della fotointerpretazione, come ondulazioni del terreno. Spesso tali aree sono delimitate da scarpate poco accennate che separano aree più alte assimilabili al livello fondamentale della pianura.

5.2 - B) FORME CONNESSE ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

I corsi d'acqua, costituenti la rete idrografica della zona studiata, hanno inciso i depositi quaternari della pianura formando valli più o meno incise.

I corsi d'acqua sono accompagnati da normali processi di trasporto in alveo la cui entità dipende essenzialmente dalla gerarchia del corso d'acqua stesso e quindi dalla portata. Gli alvei risultano talvolta interessati da fenomeni erosivi di sponda (erosione laterale). I fenomeni erosivi osservati non sono comunque in grado di innescare dissesti per le aree poste in adiacenza ai corsi d'acqua, tranne in pochi casi in cui si è registrato il cedimento di banchina e/o di argine.

5.3 - C) FORME ANTROPICHE

In corrispondenza dell'abitato sono frequenti interventi di modifica dell'originaria configurazione della superficie topografica, Si tratta di interventi di movimento terre legati alle attività di urbanizzazione o collegate alla viabilità.

Al confine sud-est del territorio si ha un laghetto di cava dismessa.

Lungo tutto il territorio sono diffuse le scarpate di origine antropica legate anche ad interventi di livellamento dei terreni per uso agricolo.

Numerosi sono i tratti di torrenti incanalati artificialmente o regimati in funzione degli scopi irrigui in agricoltura.

5.4 CARTA LITO- PEDOLOGICA CON ELEMENTI MORFOLOGICI

Lo studio delle caratteristiche pedologiche si è basato innanzi tutto su una prima fase in cui sono stati considerati tutti i dati disponibili in letteratura derivanti da studi di carattere generale (dati Ersal, Regione Lombardia, ecc) o da studi precedenti (già citati) eseguiti sul territorio di S. Zeno. La fase di analisi è proceduta median-

te i rilievi di campagna, geolitologico, geomorfologico e pedologico, eseguiti sull'intero territorio comunale in scala 1: 5.000.

5.4.1. INQUADRAMENTO E METODOLOGIA

Nel territorio comunale di San Zeno Naviglio, al di fuori delle aree edificate, la copertura vegetale è rappresentata prevalentemente da colture di seminativi con la preponderanza del mais (da granella o trinciato). L'elemento arboreo è essenzialmente costituito da filari di alberi, che raramente si ispessiscono e possono essere considerati siepi, contigui ai corsi d'acqua: rogge, canali di irrigazioni o più modesti fossi.

Nel indagine svolta si è operato secondo le seguenti modalità:

- si sono rilevati diffusamente sul territorio le caratteristiche pedopaesaggistiche più rilevanti;
- si è utilizzato come base di lavoro lo studio dell' ERSAL (ora ERSAF) *I suoli della Pianura Bresciana Occidentale (2002)*, studio comprendente anche il territorio del Comune di San Zeno Naviglio;

il risultato è stato riprodotto sulla carta lito-pedologica con elementi morfologici del territorio comunale (tavola 1).

La pedogenesi dei suoli nel territorio comunale è legata sia all'attività modellatrice dei corsi d'acqua sia a fattori antropici che attraverso riporti, sbancamenti, livellamenti dei terreni, attività di cava ed estrazione di sabbie e ghiaie.

La morfologia è generalmente pianeggiante e non presenta forme di instabilità. Il profilo che si rileva è mediamente profondo.

Il territorio comunale si trova nella fase di passaggio tra l'*Alta Pianura Ghiaiosa* e la *Media pianura idromorfa*: questo passaggio non è sempre ben definito e uniforme.

Si è ritenuto importante inquadrare le varie tipologie di suolo all'interno di tre sistemi di paesaggio della pianura:

- ◆ le aree verso nord-est caratterizzate da aree subpianeggianti con deboli oscillazioni su un substrato ghiaioso-sabbioso
- ◆ le aree verso sud-ovest, maggiormente segnate da caratteri idromorfici e con la comparsa dei fontanili; caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di una idrografia organizzata di tipo meandriforme; costituita da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo; suoli generalmente profondi, a tessitura media o moderatamente fine variamente saturati e generalmente drenati;
- ◆ le aree trasformate dall'edificazione con la perdita totale dei suoli

Vengono di seguito segnalati le principali formazioni di suoli presenti. Si è ritenuto importante evidenziare i principali tipi pedologici presenti come unità di paesaggio. I tipi di pedopaesaggio individuati tramite le carte prodotte dall'E.R.S.A.L. rientrano nei sottosistemi.

- *Alta Pianura Ghiaiosa (LG)*, definito da ampie conoidi ghiaiose a morfologia subpianeggiante o leggermente convessa, costituite da

materiali fluvioglaciali grossolani non alterati, comprese fra le superfici rilevate (rilievi montuosi, apparati morenici, terrazzi antichi) ed il limite superiore della fascia delle risorgive.

- Media Pianura Idromorfa (LM), definito dalla porzione centrale della pianura con intensi fenomeni di idromorfia, riconducibili al fenomeno delle risorgive e/o alla presenza di una falda sottosuperficiale caratterizzata da variabile presenza di scheletro nel suolo e pietrosità in superficie.

A questi sottosistemi corrispondono nel territorio di San Zeno Naviglio tre aree tipologiche di suoli:

- ◆ Unità rappresentativa modale dell'alta pianura ghiaiosa: è diffusa nella parte orientale del territorio. Rappresentata da superfici subpianeggianti con tracce di paleoidrografia con direzioni grossolanamente nord-sud. I suoli sono da moderatamente profondi a profondi con suoli da ghiaiosi sabbiosi a ghiaiosi ciottolosi, presentano un orizzonte argico di limitato spessore sopra un substrato sabbioso ghiaioso a profondità limitata. Il gruppo della classificazione FAO-WRB di questi suoli più rappresentativo di questi suoli è **luvisols**: questi sono suoli ove dominano i processi di lisciviazione e di accumulo di argilla dagli orizzonti superficiali ai più profondi. Questi orizzonti di accumulo di materiale argilloso caratterizzano i suoli aumentando la capacità di accumulo idrico (AWC) e la quantità di elementi nutritivi. Sulla tavola 1 sono rappresentati da:
 - ◆ Aree subpianeggianti con deboli ondulazioni. Suoli moderatamente profondi con scheletro ghiaioso-ciottoloso;
 - ◆ Aree subpianeggianti con deboli ondulazioni. Suoli profondi con scheletro ghiaioso-ciottoloso;
- ◆ L'unità rappresentativa delle zone di transizione tra l'alta pianura ghiaiosa e le porzioni centrali della pianura (media pianura idromorfa); rispetto all'unità precedente sono aree moderatamente idromorfe a tessitura fine con pietrosità assente o minuta e drenaggio medio. In questa unità i suoli sono più differenziati e si trovano, oltre i luvisols, anche suoli del gruppo **cambisols**: suoli nei quali il cambiamento di colore, struttura e consistenza degli orizzonti sono il risultato di un processo *in situ*; in genere sono suoli meno maturi dei luvisols.
 - ◆ Suoli profondi con scheletro assente, tessitura fine;
 - ◆ Suoli moderatamente profondi, con scheletro scarso;
- ◆ Una terza unità è data dai paleoalvei o depressioni di origine torrentizia priva di sedimentazione attiva, delimitati da orli di terrazzo ricordati alla pianura; solcano la pianura modale in direzione nord sud, hanno andamento sinuoso e corrispondono ai corsi d'acqua con ampie portate che si sono sviluppati in periodo di fusione post-glaciale; qui troviamo oltre ai Luvisols e Cambisols i **Gleysols**: suoli con caratteri idromorfi, interessati dal ristagno d'acqua lungo il profilo, formati su materiali non consolidati principalmente depositi alluvionali finali: sono suoli interessati dal ristagno d'acqua. Il carattere

idromorfico si manifesta entro i primi 50 cm di profondità e perdura per buona parte dell'anno.

- ◆ Suoli profondi, con scheletro ghiaioso e ciottoloso;
- ◆ Suoli moderatamente profondi, con scheletro ghiaioso.

5.5 CARTA INVENTARIO MOVIMENTI FRANOSI (Scala 1:10.000) – CARTOGRAFIA PTCP

Come secondo le direttive della Regione Lombardia (D.G.R. 22 dicembre 2005 – N. 8/1566) è stata esaminata la Carta Inventario dei movimenti franosi (a scala 1:10.000), a cura della Struttura Rischi Idrogeologici della Regione Lombardia. Dall'analisi di tali carte non risulta censito alcun dissesto attivo, non si hanno aree perimetrate all'interno del PAI, aree a rischi idrogeologico molto elevato (PS 267) o aree a pericolosità idrogeologica.

Dall'analisi della Tavola 3.1 del PTCP denominata "Ambiente e rischi" non risultano censiti fenomeni di dissesto in generale.

6. ELEMENTI METEO-CLIMATICI

6.1 CLIMA

Per caratterizzare il clima sono stati considerati i dati temopluviometrici delle stazioni di Poncarale (coordinate Gauss-Boaga: Lat.: 5.035.460 e Lon.:1.590.800, Alt.: 90,00 m s.l.m.; anni 1994-2007), distante 2 km dal territorio di San Zeno Naviglio. I dati rilevati si riferiscono al periodo 1994-2007 e sono tratti dalle elaborazioni dei dati del sito meteorologico della Provincia di Brescia.

Nella prima tabella sono riportati i dati mensili relativi agli anni 1994-2007 e le relative medie e somme:

	<i>Temperatura</i>	<i>Precipitazioni</i>
Gennaio	1,7	64
Febbraio	4,1	50
Marzo	8,6	57
Aprile	12,5	84
Maggio	18,3	97
Giugno	21,9	71
Luglio	23,6	80
Agosto	23,8	98
Settembre	18,1	119
Ottobre	13,6	115
Novembre	6,7	109
Dicembre	2,7	81
	13,2	1.025

Sulla base dei dati di piovosità della pianura si nota come il gradiente di piovosità abbia una direzione sud-nord. La situazione è di passaggio tra un tipico regime pluviometrico equinoziale (con picchi autunnali) delle Prealpi e un regime più continentale (solstiziale estivo) della pianura

Per i dati della temperatura si è fatto riferimento alle stazioni di Poncarale (1994-2007), nell'ultima riga si propone una stima delle temperature medie mensili nel territorio comunale:

Di seguito si propone la tabella dei dati annuali di temperatura e precipitazione del periodo (1994-2007)

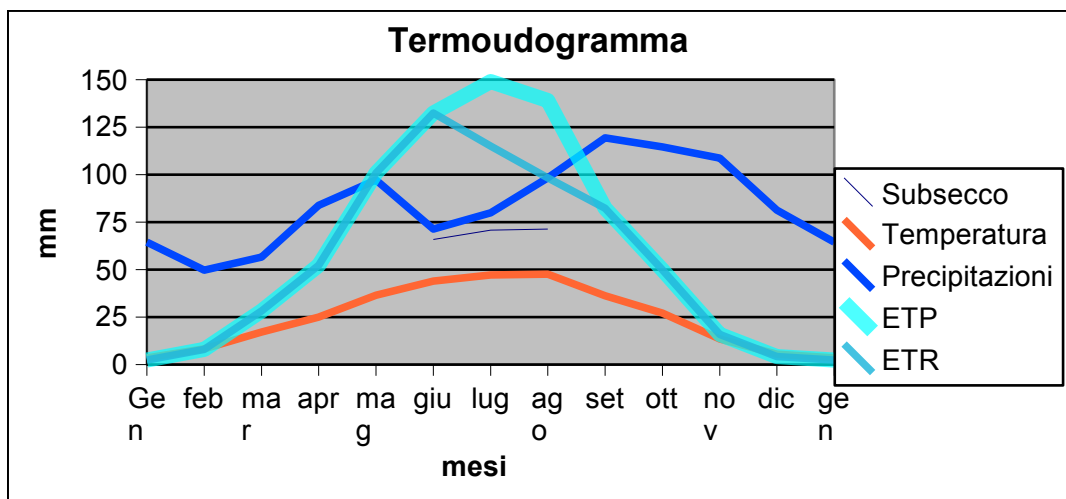
Anno	Temperatura media annua	Precipitazione annua
1995	12,4	1.029
1996	12,6	1.304
1997	13,1	956
1998	12,7	857
1999	11,7	884
2000	13,2	1.208
2001	13,0	1.239
2002	13,6	1.506
2003	13,7	643
2004	13,4	1.002
2005	13,4	928
2006	14,9	692
Media	13,1	1.021

Si propone il climogramma della stazione di Poncarale, dal quale non risulta un vero e proprio periodo di aridità, semplicemente un parziale periodo subsecco in luglio

Il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale secondo Thornthwaite e Mather (1957) permette di calcolare il bilancio idrico del suolo in funzione della capacità di ritenuta idrica (AWC=100).

L'evapotraspirazione rappresenta l'acqua che viene ceduta all'atmosfera dal suolo e dalla rete idrica oltre che dall'attività metabolica delle piante; essa è la causa determinante dell'aridità.

Considerato un dato minimo di riserva idrica del suolo (AWC) di 100 mm il diagramma mostra come i periodi di scarsità d'acqua siano estremamente ridotti.



Quindi, concludendo, la situazione climatica dell'area d'indagine si delinea con distribuzioni equinoziali delle precipitazioni, soprattutto autunnali, inverni asciutti ed estati mai aride, infatti analizzando i dati relativi ai 14 anni del periodo considerato possiamo dire che mediamente si ha una piovosità di 1023 mm, con massimi registrati nel mese di settembre, un massimo relativo nel mese di maggio ed un minimo relativo mensile rilevato nel mese di luglio. La temperatura media mensile è di 13,1°C, con un massimo in luglio, 23,6°C ed un minimo in gennaio, 1,7°C. In com-

plesso ci si trova nel clima pseudo-continentale della Pianura Padana. Le medie dei minimi e massimi assoluti sono -7,11 e 34,77 °C.

Negli anni utilizzati per il calcolo si rileva che mentre le temperature medie annuali sono abbastanza uniformi e non si discostano molto dalla media (deviazione standard di 0,82°, con un coefficiente di variabilità del 6%), le precipitazioni annuali risultano particolarmente diversificate, con annate aride (2003, 2006), con deviazione standard 270 mm e coefficiente di variabilità del 27%. E' da considerare che i dati meteorologici necessitano di periodi maggiori (30 anni) per avere completa significatività statistica, quindi i dati sopra proposti andrebbero allargati confrontandoli con quelli di stazioni più complete: i dati della stazione di Brescia (1957-75) risultano simili (precipitazione annuale media 1.053 mm/anno; temperatura annuale media 13,2°).

In base alla classificazione del Pavari il territorio del comune di S. Zeno Naviglio appartiene alla zona fitoclimatica del *Castanetum*, sotto zona calda, I tipo (senza siccità estiva). Attualmente le colture agrarie hanno sostituito completamente la vegetazione spontanea che sarebbe costituita da un bosco misto di latifoglie in cui dominano la farnia e il carpino bianco (*Quercus-Carpineto planiziale*).

Dall'analisi della flora erbacea spontanea si è riscontrato l'appartenenza al cingolo del Q.T.A. (Schmid) .

7. SISTEMA IDROGRAFICO

L'analisi del sistema idrografico che interessa il comune è stata effettuata mediante il rilievo di dettaglio degli elementi idrografici esistenti, con particolare attenzione nei confronti di quelle situazioni che possono generare pericolo e/o disagio. Tale studio è stato effettuato per l'individuazione del reticolo idrico minore di competenza comunale e dei consorzi presenti nella zona.

Sulla carta idrogeologica e del sistema idrografico in scala 1:5.000, sono quindi indicati gli specchi d'acqua rappresentati da laghetti o zone umide artificiali e corsi d'acqua.

Lungo i corsi d'acqua sono stati rilevati gli scarsi fenomeni erosivi che si manifestano come erosione in profondità (lineare) o come erosione laterale e brevi tratti di sponda franati. Sono state quindi cartografate le aree periodicamente allagate, individuate in base a testimonianze locali, alla morfologia dei luoghi, ai segni lasciati dal recente passaggio delle acque, ecc. .

7.1 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI ELEMENTI DEL SISTEMA IDROGRAFICO

7.1.1 RETICOLO IDRICO PRINCIPALE

L'individuazione dei corpi idrici appartenenti al reticolo idrico principale, di competenza regionale, è stata effettuata a cura dalle strutture provinciali (STER - ex Genio Civile) ed è elencata nell'allegato A della delibera n. 7 del 15/02/02. Nel territorio comunale di San Zeno non ci sono corpi idrici classificati come corsi principali.

7.1.2 RETICOLO IDRICO GESTITO DAL CONSORZIO DI BONIFICA MEDIO CHIESE – CALCINATO (BS)

L'individuazione dei corpi idrici di competenza dei Consorzi, è stata effettuata a cura dalle strutture provinciali (STER - ex Genio Civile) ed è elencata nell'allegato D della delibera n. 7 del 15/02/02. Nel territorio comunale di San Zeno ci sono nove corsi d'acqua gestiti dal Consorzio Medio Chiese – Calcinato (BS).

- NAVIGLIO CERCA E 1.49 NAVIGLIO INFERIORE;
- ROGGIA CALCAGNA;
- ROGGIA MUSIA;
- ROGGIA PIOVE RAZZEGHINA;
- VASO DEL MOLIN DAL BROLO;
- ROGGIA AVOGADRA;
- ROGGIA GHEDA;
- ROGGIA MOLINARA O ROGGIA MONTIRONA;
- ROGGIA TROIANA;

7.1.3 RETICOLO IDRICO MINORE COMUNE DI S. ZENO NAVIGLIO

Per esclusione, sulla base dei rilievi di campagna e l'analisi della cartografia, è stato individuato il reticolo idrico minore comunale, che sarà di competenza esclusivamente comunale. Esso è costituito da tutte le acque superficiali indicate come demaniali nelle carte catastali o rappresentate come corsi d'acqua nella cartografia ufficiale.

Di seguito vengono elencati i corsi d'acqua più significativi :

- BS173-01 ROGGIA GARZA;
- BS173-02 SERIOLETTO;
- BS173-03 SERIOLA CASTRINA;
- BS173-04 ROGGIA PROVAGLIA;
- BS173-05 CAVO BIOCCHO;
- BS173-06 SERIOLA DEL MOLINO;
- BS173-07 FONTANELLA;
- BS173-08 SENZA NOME;

7.1.4 Aree periodicamente allagate per tracimazione dei corsi d'acqua

Date le portate molto variabili dei corsi d'acqua, in relazione soprattutto al fattore antropico oltre che al regime delle precipitazioni meteoriche, è molto difficile prevedere i fenomeni di esondazione e i disalvei. Sono state accertate alcune aree, indicate sulla cartografia, periodicamente allagate.

7.1.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA SITUAZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA

Nel territorio comunale di San Zeno i corsi d'acqua sono gestiti in parte da consorzi o enti preposti alla regimazione e distribuzione delle acque a scopo irriguo e in parte dal Comune. Le acque sono regimate artificialmente e le portate sono molto variabili e non sempre proporzionate alle sezioni dei canali irrigui.

Negli ultimi anni i sistemi di irrigazione sono cambiati e vengono utilizzate diverse fonti di approvvigionamento dell'acqua, che viene comunque convogliata nella fitta rete di canali, rogge, ecc, inoltre alcuni canali provenienti dalla città fungono da csolo delle acque meteoriche in concomitanza con eventi metorici intensi.

Senza una programmazione a livello intercomunale e tra i diversi consorzi irrigui si possono verificare situazioni, come ne sono state registrate in passato, di sovraccarico di alcuni canali o rogge con conseguenti fenomeni di esondazione e disagio per la popolazione.

Le situazioni critiche risultano pertanto assai difficili da definire non potendo prevedere le portate con sufficiente approssimazione. D'altra parte dove si hanno delle strozzature dovute a restringimenti artificiali delle sezioni dei canali o alla presenza di tratti intubati o ricoperti per portate inferiori a quelle reali o ancora dove non si ha una manutenzione delle rive e degli argini si hanno in genere situazioni più o meno critiche in relazione alle portate massime.

7.2 I FONTANILI

Sono presenti soprattutto nella parte orientale del territorio comunale e costituiscono un elemento tipico del paesaggio, oltre ad essere sfruttati da molti secoli come fonti d'acqua per l'irrigazione.

Dalle teste dei fontanili si dipartono canali irrigui dotati di portate in alcuni casi considerevoli e comunque con un minimo costante nel tempo, anche se essi sono condizionati dalle precipitazioni, dai prelievi e dagli apporti degli altri canali irrigui.

7.2.1 GENESI DEI FONTANILI

I fontanili sono delle emergenze della falda freatica che si trovano in tutta la Pianura Padana al passaggio tra l'alta e la bassa pianura lungo una fascia nota come "**fascia delle risorgive**". All'origine del fenomeno dei fontanili sta la struttura e la

conformazione del sottosuolo della Pianura Padana: essa è formata da un potente complesso di depositi alluvionali che poggiano su formazioni costituite da sabbie e argille marine plioceniche e quaternarie.

Nella Pianura Padana, in sinistra idrografica, si possono riconoscere per la struttura geologica, l'assetto morfologico e le caratteristiche idrogeologiche, tre zone :

- una fascia più alta, a ridosso dei principali anfiteatri morenici, è rappresentata da una specie di ampio terrazzo formato da ghiaie e sabbie grossolane;
- una seconda fascia, l'alta pianura in senso stretto, è costituita da depositi alluvionali grossolani sciolti, dotati di elevata permeabilità;
- si passa quindi gradualmente alla bassa pianura, la terza fascia, costituita da depositi alluvionali più fini (ghiaie fini, sabbie, limi e argille), con morfologia a deboli pendenze e quote molto basse, che si estende fino al Po.

Il limite tra la alta e la bassa pianura ha diversi significati :

- **morfologico** : si passa da una topografia maggiormente acclive e accidentata a una topografia pianeggiante o suborizzontale (pendenza media 2 per mille);
- **geologico** : si passa da depositi alluvionali grossolani (ghiaie prevalenti) a terreni più fini (sabbie e limi), in relazione alla selezione idraulica operata dai principali corsi d'acqua responsabili dell'accumulo dei detriti;
- **idrogeologico** : si passa da terreni più permeabili a terreni dotati di permeabilità più bassa;
- **agronomico** : si passa da suoli e terreni poco lavorabili e meno fertili a terreni più facilmente lavorabili e fertili.

I terreni dell'alta pianura, molto permeabili, danno origine ad una falda d'acqua sotterranea che corre a profondità variabili (da 3 a 30 m) detta falda freatica. Il flusso dell'acqua della falda freatica verso valle, in corrispondenza delle lenti limoso-argillose della bassa pianura, viene ostacolato e l'acqua è quindi costretta a venire a giorno emergendo in una serie di polle naturali e artificiali. La risorgenza inizia dove le ghiaie cominciano a mescolarsi alle prime sabbie.

Lungo una fascia ben definita (intorno ai 100-150 m s.l.m.) della pianura padana il livello della falda freatica si approssima molto alla superficie topografica per ostacolo incontrato dalla diminuita granulometria dei depositi alluvionali. Si hanno così fontanili di sbarramento (quelli che attingono ai livelli più profondi) e di emergenza (quelli che attingono ai livelli freatici più superficiali). I fontanili di San Zeno sono riconducibili al secondo caso (si vedano le sezioni idrogeologiche).

La zona di affioramento delle acque è denominata "fascia delle risorgive" (o linea dei fontanili) ed in Lombardia è larga da 4 a 15 Km (nel bresciano da 5 a 10 Km), mentre un tempo aveva un'ampiezza variabile tra i 3 e i 25 Km.

La fascia delle risorgive è presente in tutta la Pianura Padana ed è ben sviluppata e continua in sinistra idrografica del Po, mentre è poco sviluppata in destra idrografica. Nel territorio bresciano la fascia delle risorgive inizia presso l'Oglio all'altezza di Rudiano, prosegue per Cossirano, Trenzano, Lograto, Torbole, Roncadelle, S. Zeno Naviglio, Borgosatollo, fino alla collina di Capodimonte, a Castenedolo.

7.2.2 CENNI STORICI

La maggior parte dei fontanili esistenti sono opera dell'uomo o sono comunque stati modificati nel tempo dall'azione antropica.

L'utilizzazione razionale delle risorgive è certo antichissima, per il fatto che un gran numero di risorgive affiorano fin da tempi remoti in modo del tutto spontaneo.

Le prime notizie storiche su queste emergenze risalgono comunque ai primi secoli del nostro millennio. Fin dal 1100 d.C. si ha notizia dell'utilizzo, da parte dei monaci Cistercensi, Certosini, Umiliati, della tecnica di coltivazione a "marcita" che permette di effettuare fino a sette sfalci all'anno.

Alla fine del XIV secolo ci fu una vertenza tra i Soncinesi e i Cremonesi per lo sfruttamento di acque sorgive in quella zona.

L'esempio lombardo più eloquente è quello della città di Milano, sorta nel mezzo della fascia delle risorgive: fin dal Medio Evo si sa dell'esistenza di fontanili all'interno della città di Milano (1255, 1378, 1396). Il loro utilizzo era probabilmente promiscuo, con prelievi per uso potabile in corrispondenza delle scaturigini alla testa.

L'impiego dell'acqua delle risorgive nelle campagne è altrettanto antico: Inizialmente veniva allargata la depressione nella quale sgorgava l'acqua e si guidava la stessa verso i terreni mediante appositi canali.

In seguito vennero utilizzati tini o successivamente tubi drenanti in cemento o tubi infissi nel terreno (tubi Norton, Calandra o Piana).

Attualmente la quasi totalità dei fontanili è stata sistemata e corretta, anche mediante manutenzione e pulizie periodiche, dall'uomo.

Importante nel tempo è stato il contributo apportato dai fontanili alla bonifica delle terre paludose. La captazione delle acque freatiche mediante lo scavo della testa e dell'asta del fontanile e la regimazione delle acque in canali irrigui favoriva il deflusso delle acque stagnanti e il drenaggio di terreni tendenzialmente votati all'impaludamento.

Quindi le acque delle risorgive rivestirono progressivamente un ruolo irriguo sempre più importante in agricoltura, assumendo in tal senso massima rilevanza economica.

Allo stato attuale la quasi totalità dei fontanili è stata sistemata e corretta dall'uomo al fine di ottenere una maggiore regolarità nelle portate ed un impiego più razionale. I canali da essi derivati portano le acque captate qualche chilometro più a Sud della testa dei fontanili per permetterne l'uso in ampie zone.

Con l'avvento di sistemi sempre più efficienti di irrigazione e la perforazione di numerosi pozzi altamente produttivi la funzione dei fontanili a scopo irriguo sta perdendo importanza nell'agricoltura. D'altro canto recentemente è stata posta l'attenzione sul fontanile come microambiente artificiale creato dall'uomo e da questi mantenuto in condizioni utili per lo sfruttamento a scopi agricoli del fenomeno naturale delle risorgive. Da un punto di vista naturalistico il "biotopo fontanile" è stato riconosciuto come ambiente ricco di forme viventi per la presenza, come fattore determinante, di acque limpide e a temperatura pressoché costante, data la loro provenienza. In quanto tale sono sempre più frequenti i programmi di valorizzazione e conservazione di tali ambienti nella pianura lombarda.

7.2.2 STRUTTURA E CARATTERISTICHE DEI FONTANILI

7.2.2.1 Struttura

Ogni fontanile risistemato dall'uomo consiste di tre elementi distinti :

- la **testa** è una depressione o scavo di dimensioni e forme varie, di modesta profondità, sufficiente ad intercettare la falda freatica. Sul fondo permeabile della testa pullulano piccole venute d'acqua, in corrispondenza delle quali venivano infissi tini di rovere o tubi di ce-

mento o tubi in ferro (sistema Calandra, Norton o Piana) del diametro di 5-20 cm, che arrivano anche alla profondità di 12 metri. Dalla sommità dei tubi l'acqua risale per una forma di pseudoartesianesimo. Il tubo, eliminando i filetti idrici superiori, richiama quelli inferiori, i quali, avendo un carico idraulico maggiore, portano l'acqua a salire ad un livello superiore, provocando l'efflusso zampillante alla bocca. Inoltre lo scavo provoca una depressione della superficie freatica e quindi si possono avere afflussi anche lateralmente; si tratta di una modesta depressione della falda freatica, che provoca un richiamo d'acqua verso lo scavo, tale accelerazione riesce a trascinare i materiali più fini della matrice al punto da aumentare nel tempo la permeabilità dei depositi alluvionali. Talora le sponde della testa sono sostenute da palizzate o sostegni vari per impedirne il franamento e l'occlusione delle scaturigini.

- l'**asta** o "collo di fontana" è una breve strozzatura che mette in comunicazione la testa con il canale vero e proprio (V. Ferrari, E. Uberti – I fontanili del territorio cremasco – Crema, ottobre 1979). Secondo altri autori l'asta corrisponde al canale che convoglia le acque nelle zone di utilizzazione; nel presente studio si è fatto riferimento ai primi autori menzionati, considerando l'asta come il tratto di raccordo tra la testa e il canale, dove spesso si trovano ulteriori tubi infissi e/o emergenze laterali.
- il **canale**, al quale spetta il compito di far defluire le acque che emergono dalla risorgiva. Ogni canale può ricevere la sua scorta d'acqua da più teste, ad esso collegate dalle rispettive aste.

7.2.2.2 morfologia

Le teste dei fontanili possono avere forme e dimensioni diverse in relazione al fatto che siano completamente artificiali o derivino da depressioni naturali modificate dall'uomo. Le risorgive naturali verosimilmente non sono attualmente presenti nella pianura lombarda e comunque non sono state riscontrate nel territorio esaminato.

Nel territorio di San Zeno i fontanili risultano in buona parte artificiali e in minor misura naturali modificati dall'uomo. Tra le forme rilevate prevalgono quelle più frequenti nella pianura lombarda e piemontese : forme a U o lineari (n.1,2,3,4,5,6,7), pseudotriangolare (n.8), subtrapezoidale (n.5) , a lobo (n.10), digitata (n. 9).

I fontanili di maggior pregio da un punto di vista morfo-paesaggistico e ambientale appaiono il n.1, 5 e 6.

7.2.2.3 Caratteristiche chimiche e fisiche dell'acqua

L'acqua dei fontanili generalmente è molto limpida : salvo eccezioni non possiede odori sgradevoli e ha una temperatura che si mantiene entro ristretti valori durante tutto l'anno; generalmente si mantiene costante in funzione della temperatura media annua atmosferica della località, oscillando intorno ai **10° - 14°**, con escursioni termiche annuali che raramente superano i 4°.

La temperatura delle acque di fontanile aveva e ha tuttora notevole importanza preminente nell'irrigazione. Le irrigazioni termiche dei prati iemali (**la marcita**) si basano appunto sull'impiego delle acque "calde sorgice" che presentano temperature piuttosto costanti rispetto alle escursioni stagionali del suolo e dell'aria. Le marcite sono prati stabili, artificiali, irrigati periodicamente in estate e assoggettate in inverno ad irrigazione continua per scorrimento, che vegetano quasi tutto l'anno ed in condizioni favorevoli danno anche 9 tagli di erba (normalmente 7). Attual-

mente tale pratica agraria è in disuso e non è stata riscontrata nel territorio di Pompiano. L'acqua dei fontanili non si limita da essere usata per questo tipo di coltura, ma in generale presenta caratteristiche chimico-fisiche ottimali per le irrigazioni in genere.

7.2.2.4 temperatura, conducibilità, portate

I dati più recenti su tutti i fontanili censiti presentano una variabilità molto bassa attorno ai 15°-17°.

Non si hanno dati sulla conducibilità e sulle portate, queste ultime variabili sensibilmente con le stagioni e con le pratiche irrigue.

7.2.3 IL BIOTOPO FONTANILE

Un elemento fondamentale che caratterizza i fontanili è la presenza di acque sempre fluenti e costantemente rinnovate. A seguito della regolazione delle acque sia a scopi energetici che a fini irrigui è diventato abbastanza raro che un canale o un corso d'acqua non abbia almeno un periodo all'anno in cui il deflusso idrico diminuisca drasticamente o addirittura cessi completamente, come per i fossi durante il periodo delle ripuliture annuali, con grave danno per alcune biocenosi. Questo non avviene lungo i corsi d'acqua derivanti da risorgiva che quindi rimangono ambienti unici per quelle cenosi che necessitano di costante alimentazione idrica.

L'acqua di risorgiva possiede le evidenti caratteristiche di un'elevata limpidezza e di una costanza termica che si mantiene con una escursione massima di 5-6 gradi per tutto l'anno. La temperatura si aggira in media sui 10-16 gradi. Le acque di fontanile raggiungono il minimo in primavera ed il massimo termico in novembre-dicembre. Hanno quindi uno sfasamento di tre mesi rispetto l'andamento climatico.

Alcuni fontanili presentano ancora un buon livello di presenza delle varietà vegetali sia sul margine che all'interno. Sono formazioni di grande interesse perché costituiscono isole naturalistiche nel contesto di una campagna coltivata ormai snaturata dalle sue valenze naturali e paesaggistiche, divenuta spesso monotona e dai tratti troppo semplificati.

Un primo aspetto assai qualificante di questi ambienti è la qualità e la diversità degli elementi naturali e la vicinanza alla condizione climax della vegetazione forestale potenziale della pianura e cioè il Quercio-Carpineto planiziale.

All'interno dei fontanili si viene a creare, a seguito della costanza della temperatura e del flusso dell'acqua, un particolare microclima che determina i caratteri della vegetazione ospitata. A seconda delle condizioni in cui viene mantenuto o abbandonato il fontanile si affermano veri tipi di vegetazione.

Se la testa del fontanile è spurgata regolarmente, e cioè non viene lasciato passare un periodo maggiore di tre anni dallo spurgo precedente avremo un fondo prevalentemente ghiaioso o sabbioso con pochi sedimenti limosi. Le specie più rappresentate sono il crescione (*Nasturtium officinale*), la sedanina e il sedano d'acqua (*Berula erecta* e *Apium nudiflorum*), la veronica d'acqua (*Veronica anagallis-aquatica*). Attorno alle risorgive sono presenti anche il pepe d'acqua (*Poligonum hydropiper*), la menta d'acqua (*Mentha aquatica*) e il non-ti-scordar-di-me (*Myosotis scorpioides*). Se le operazioni di spurgo vengono effettuate in tempi più lunghi compaiono alcune specie di erba gamberaia (*Callitriche* sp. Pl.), la peste d'acqua (*Elodea canadensis*) e più raramente il ceratofillo (*Ceratophyllum demersum*), il miriofillo (*Myriophyllum spicatum*), le brasche d'acqua (*Potamogeton natans*, *Potamogeton crispus*) e il ranuncolo acquatico (*Ranunculus trichophyllus*). Caratteristiche sono le dense coperture di lenticchia d'acqua maggiore e minore (*Spirodela polyrrhiza* e *Lemna minor*) e lenticchi d'acqua spatolata (*Lemna trisulca*).

I fontanili che vengono abbandonati evolvono verso forme che vedono l'affermarsi di specie come la tifa (*Typha latifolia*), la cannuccia di palude (*Phragmites australis*) e altre, che danno inizio ad un processo di immarginamento dello specchio d'acqua che chiuderanno nel giro di pochi anni con la colonizzazione delle specie arboreo-arbustive come il salice, la frangola, ecc..

7.2.3.1 FAUNA

I fontanili, come già detto, si caratterizzano per la presenza costante dell'acqua e costituiscono luogo di rifugio rispetto alla campagna agricola circostante per uccelli e piccoli mammiferi. Tra gli uccelli trovano modalità di nidificazione le specie caratteristiche delle aree marginali dei boschi e dei fiumi come la capinera, l'usignolo di fiume, il merlo. La presenza di alberi d'alto fusto consente l'insediamento di specie più tipicamente forestali. Analoga situazione si riscontra relativamente ai piccoli mammiferi: mentre sono abbondanti specie diffuse come il moscardino, il campagnolo rossastro, il riccio.

7.2.4 CENSIMENTO DEI FONTANILI DI SAN ZENO NAVIGLIO

Nel corso dello studio geologico e ambientale del territorio comunale di San Zeno è stato eseguito un censimento dettagliato di tutti i fontanili esistenti, tenendo conto di quanto già fatto in precedenza (1995). Vengono riportate in allegato le schede compilate per ognuno dei fontanili censiti, per i quali è stata data una denominazione in base ai toponimi noti e a quelli in uso, oltre ad alcuni nomi da noi scelti ove non esistenti. Tutti i fontanili sono stati numerati (10 in totale) e sono stati riportati con il numero identificativo sia sulle schede che sulla carta idrogeologica e del sistema idrografico a scala 1: 5.000. In ogni scheda identificativa viene riportato uno schizzo rappresentativo della testa del fontanile.

8. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO

Lo studio delle caratteristiche idrogeologiche del territorio è finalizzato in primo luogo a fornire elementi utili per la gestione e la tutela delle risorse idriche sotterranee.

Anche in questo caso si fa riferimento allo studio geologico esistente (a cura dello Studio Geologia Ambiente, Dr. Geol. Laura Ziliani, 1997), di cui si riportano integralmente alcuni elaborati grafici (sezioni idrogeologiche) e le stratigrafie dei pozzi pubblici e privati.

Sono stati presi in esame i dati (stratigrafia, profondità, portata, livello statico e dinamico, ecc.) riguardanti i pozzi pubblici e privati localizzati nel territorio comunale ed in quelli limitrofi, con particolare riguardo alle opere di captazione profonde e fornite di dati tecnici. Nella tabella allegata sono riportati i pozzi pubblici e privati del comune di Chiari e aree limitrofe.

Nell'autunno 2006 è stata condotta una campagna di misurazione del livello piezometrico sui pozzi presenti nel territorio comunale. I dati piezometrici raccolti hanno consentito di ricostruire le linee isopiezometriche, che rappresentano l'andamento della superficie piezometrica, relativamente alla falda freatica.

Presso l'ufficio tecnico del Comune sono state raccolte le analisi chimiche e microbiologiche effettuate sulle acque dei pozzi pubblici più recenti, utili per la caratterizzazione chimica dei corpi idrici sotterranei.

I dati idrogeologici raccolti ed elaborati sono rappresentati sulla CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO (TAV.2), che è stata realizzata in scala 1:5.000.

8.1 IDROGEOLOGIA DELLA PIANURA PADANA

Negli ultimi trent'anni sono stati numerosi gli studi sul sottosuolo della Pianura Padana, e in particolare nell'area lombarda, soprattutto per le notevoli applicazioni nella ricerca e sfruttamento delle risorse idriche sotterranee, di importanza fondamentale in molti settori, da quello del consumo umano, a quello agricolo e industriale.

8.1.1 SERIE IDROGEOLOGICA DELLA PIANURA PADANA

La successione di unità litostratigrafiche aventi comportamento idrogeologico omogeneo (permeabilità, trasmissività e porosità simili) costituisce una serie idrogeologica. Nella zona di pianura è stata riconosciuta (Avanzini e altri. 1995) una serie idrogeologica definita da quattro unità sovrapposte.

8.1.1.1 Substrato roccioso indifferenziato

E' costituito dalle rocce mesozoiche e terziarie che affiorano lungo il margine settentrionale della pianura e sporadicamente nella zona occupata dall'anfiteatro morenico sebino. In prossimità delle aree di affioramento il substrato si rinvia a profondità variabili tra i 30 e i 100 m, poi procedendo verso S si approfondisce ulteriormente al di sotto della coltre quaternaria. Il substrato, se fratturato, può contenere falde idriche limitate ma di buona qualità.

8.1.1.2 Unità "villafranchiana Auct"

E' costituita da depositi continentali formati da limi, limi sabbiosi e argillosi, con intercalazioni di sabbia e ghiaie. Le ghiaie e le sabbie sono ovunque subordinate ai terreni limosi dalla caratteristica colorazione grigio azzurra e spesso recanti inter-

calazioni di torbe nerastre. A questa unità fanno seguito verso il basso i sedimenti del Pleistocene inferiore di origine marina, i quali hanno litologia e comportamento idrogeologico analogo a quello dei sedimenti continentali.

I terreni di questa unità non fanno parte delle unità affioranti ma la loro presenza è messa in evidenza dalle numerose stratigrafie dei pozzi esistenti, costituendo il substrato degli acquiferi superficiali più produttivi. Le acque contenute nelle rare lenti permeabili sono di qualità scadente per la presenza diffusa di ferro e idrogeno solforato, tuttavia, essendo confinate in strati impermeabili, hanno il pregio di essere protette da infiltrazioni superficiali spesso contaminate da attività antropiche.

8.1.1.3 Unità a a conglomerati e fluvioglaciale Mindel – Riss

Si tratta di una successione di conglomerati, sabbia, arenaria e rare ghiaie, che si rinvengono a varie profondità e rappresenta un orizzonte abbastanza continuo nella fascia pedemontana e in corrispondenza dello sbocco dei fiumi nella pianura. Procedendo verso S si osserva una graduale riduzione di spessore dei conglomerati che fanno transizione a sabbie, ghiaie e prevalenti argille attribuibili alle diverse fasi glaciali del Pleistocene medio. Questa unità è relativamente produttiva specie in livelli in cui il conglomerato si presenta fratturato.

8.1.1.4 Unità ghiaioso – sabbiosa

E' costituita da ghiaie e sabbie dei sedimenti alluvionali recenti e di quelli fluvioglaciali wurmiani. E' sede della prima falda che generalmente risulta abbondante anche a causa dell'infiltrazione dalla superficie ma è pure la più vulnerabile, specie se la soggiacenza è ridotta come avviene in prossimità della fascia dei fontanili. Nell'ambito delle unità poroso – permeabili corrispondenti ai depositi wurmiani particolare rilevanza viene assunta dalle caratteristiche tessiturali degli orizzonti superficiali in grado di proteggere superficialmente le falde sottostanti. Questa garanzia è fornita da limi ed argille affioranti in varie zone della pianura bresciana.

8.1.2 UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE SEQUENZIALI

In un recente studio della Regione Lombardia-Eni divisione AGIP (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia, a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin, S.EL.CA. Firenze, 2002) sono state aggiornate le più recenti conoscenze sul sottosuolo della pianura lombarda, applicando i metodi della stratigrafia sequenziale ai depositi alluvionali; tali studi hanno permesso di costruire il modello deposizionale della Pianura Padana centrale (Lombardia-Emilia Romagna), base di conoscenza fondamentale per successivi approfondimenti specialistici e applicativi.

Unità idrostratigrafica (secondo Domenico & Schwartz, 1990) è una formazione (una parte o un gruppo di formazioni) con caratteristiche idrogeologiche omogenee, ovvero distribuite in modo da permettere una suddivisione interna in acquiferi e barriere di permeabilità associate; tale termine corrisponde all'incirca a quello di unità idrogeologica di Castany (1985).

Si definisce *Unità Idrostratigrafica Sequenziale* (UIS) una particolare sottoclasse di unità idrostratigrafica con le seguenti caratteristiche :

- è costituita da una o più Sequenze Deposizionali;
- è comprensiva di un livello geologico basale, scarsamente permeabile (aquitard) o impermeabile (aquiclude), arealmente continuo (la continuità areale va intesa in senso geologico, non letterale).

La definizione delle UIS ha permesso di costruire il quadro idrostratigrafico del bacino idrogeologico della pianura lombarda applicando una logica stratigrafico-sequenziale.

Sono state riconosciute quattro UIS fondamentali, denominate Gruppo Acquifero A,B,C,D, come riportato nella tabella allegata di seguito.

La caratterizzazione gerarchica si basa sul volume complessivo degli acquiferi utili in ciascuna unità e su spessore, continuità ed estensione areale del livello acquifero o impermeabile, posto alla base di ciascuna unità.

Tali Gruppi Acquiferi possono essere suddivisi in unità di rango inferiore (Complessi Acquiferi), caratterizzati da una più limitata continuità laterale.

Il Gruppo A è molto sfruttato in Lombardia e spesso è interessato da fenomeni di inquinamento. I Gruppi Acquiferi B e C sono sfruttati nelle aree marginali del bacino; il Gruppo D è sfruttato solo localmente.

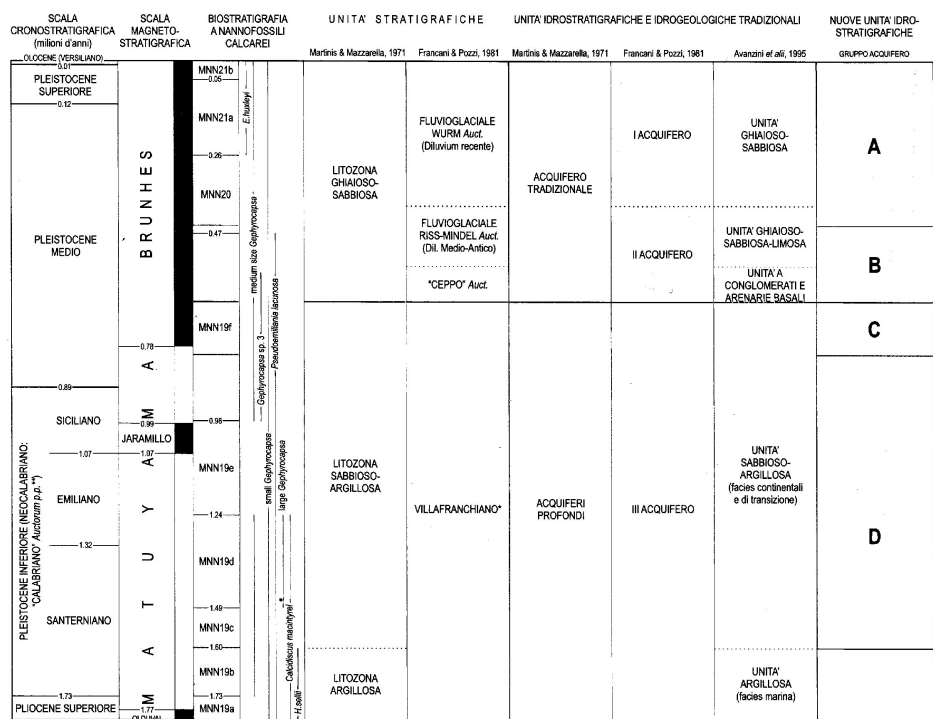


Figura 5.1 - Schema dei rapporti stratigrafici

Schema tratto dalla pubblicazione della Regione Lombardia - ENI divisione AGIP

8.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DELLA PIANURA BRESCIANA

La struttura idrogeologica è determinata da:

- eventi glaciali;
- eventi alluvionali legati ai corsi d'acqua maggiori;
- andamento irregolare del substrato roccioso;
- movimenti neotettonici.

Il **settore nord** è caratterizzato da una struttura idrogeologica che si differenzia dal resto della pianura alluvionale essendo condizionata dagli anfratti morenici dei laghi. Al di sotto degli apparati morenici vi sono consistenti depositi ghiaioso – sabbiosi e conglomeratici che poggiano direttamente sul substrato roccioso e che sono ricollegabili agli scaricatori glaciali prewurmiani.

La **pianura alluvionale** è costituita da sedimenti ghiaioso – sabbiosi e conglomeratici nella porzione apicale delle conoidi allo sbocco delle valli maggiori e fanno da transizione a sedimenti via via più fini nel settore centro meridionale.

Le strutture idrogeologiche più rilevanti sono legate ai paleovalvei dei corsi d'acqua e ad un innalzamento dell'unità villafranchiana. Questa unità forma una “dorsale” sepolta che attraversa la pianura con direzione SO – NE da Orzinuovi a Mazzano passando per i colli di Pievedizio, Capriano, Castenedolo e Ciliverghe. Il sollevamento di tali porzioni del substrato ha influenzato i successivi fenomeni deposizionali fluviali e glaciali con conseguenze sulla circolazione idrica nel sottosuolo.

8.3 Unità idrogeologiche

Il modello idrogeologico della pianura bresciana, come riportato sopra, è caratterizzato da una successione verticale di quattro unità idrogeologiche (o idrostratigrafiche sequenziali) ben distinte anche se non sono sempre individuabili altrettanto chiaramente. Nel territorio in esame sono state individuate le seguenti :

A) Unità sabbioso-ghiaiosa

E' costituita dalle ghiaie e ghiaie sabbiose dei sedimenti alluvionali recenti e dei sedimenti fluvioglaciali Wurmiani. Possiede spessori relativamente limitati e spesso non è acquifera, è costituita da sedimenti grossolani molto permeabili, che passano gradualmente, da nord verso sud, dai termini più ghiaiosi dell'alta pianura a quelli sabbiosi e ghiaiosi della media pianura.

B) Unità a conglomerati e fluvioglaciale Mindel-Riss

Si tratta di una successione di conglomerati e ghiaie più o meno cementate, spesso acquiferi, con scarse intercalazioni argillose. Procedendo verso sud si osserva una graduale riduzione di spessore dei conglomerati che fanno transizione a sabbie e ghiaie. Questa unità può raggiungere notevoli spessori (> 50 m) ed ospita in genere falde abbastanza produttive.

C) Unità Villafranchiana continentale

Rappresenta il substrato poco permeabile degli acquiferi superficiali più produttivi; è costituita da depositi continentali formati da limi, limi sabbiosi e argillosi con intercalazioni di sabbie e rare ghiaie. E' presente a profondità in genere elevate.

D) Unità Villafranchiana marina

Si tratta di sedimenti del pleistocene inferiore di origine marina. Ha un andamento molto irregolare, legato anche alla tettonica recente.

Non si hanno dati sulla presenza di tali terreni nel territorio esaminato.

8.4 Sezioni idrogeologiche

I depositi cartografati in superficie ricoprono depositi più antichi che non affiorano nel territorio in esame. Le stratigrafie dei pozzi riportano spesso la presenza a diverse profondità di materiali a granulometria fine, generalmente argillosi o limosi, la cui deposizione può essere dovuta a fasi di impaludamento e ristagno da parte delle acque degli scaricatori. Più in profondità i livelli argillosi, alternati con strati a

diversa granulometria, diventano prevalenti, con presenza di resti organici e sono riferibili a depositi più antichi (Villafranchiano). La funzione idrogeologica di questi livelli a bassissima permeabilità varia in relazione allo spessore ed alla continuità laterale degli stessi.

Per ricostruire i rapporti esistenti tra le diverse unità idrogeologiche ed evidenziare la distribuzione dei principali acquiferi presenti nel territorio studiato, sono state allegate le tre sezioni idrogeologiche del precedente studio, in quanto rappresentative dell'andamento dei terreni nel sottosuolo, la cui traccia è riportata sulla Carta idrogeologica e del sistema idrografico.

La sezione A-A' ha un andamento N-S e parte da loc. Caselle, attraversa il centro storico di San Zeno, passa attraverso la ditta Duferdofin per terminare in loc. Chia-viche, nel comune di Poncarale. Si nota innanzi tutto lo spessore variabile dei depositi più grossolani più superficiali (da 40 m a 70 nel pozzo Cavour per tornare a 50 m verso Ponacrale), che passano a conglomerati e ghiaie più o meno cementate, con intercalazioni di argille. Verso nord si hanno potenti spessori di conglomerati e ghiaie sabbiose, con livelli argillosi dotati di scarsa continuità laterale, ma tendono ad assotigliarsi verso sud. Infine si hanno, con un passaggio incerto, i depositi prevalentemente argillosi continentali dell'unità Villafranchiana, che tendono ad innalzarsi verso Ponacrale per la vicinanza del Monte Netto.

La sezione B-B' ha un andamento W-E e parte da località Folzano, lambisce la parte settentrionale dell'abitato di San Zeno, per terminare in località Piffione, nel comune di Borgosatollo. Si nota una maggiore uniformità con uno spessore pressochè costante (40-50 m) dei depositi superficiali, essenzialmente ghiaioso-sabbiosi, passanti a termini più fini verso ovesti. Quindi si ha la presenza di conglomerati e ghiaie sabbiose, con livelli argillosi dotati di scarsa continuità laterale. Infine si hanno, i depositi prevalentemente argillosi, continentali, dell'unità Villafranchiana (da - 70 m dal p.c.).

La sezione C-C' ha un andamento W-E e parte da Flero, passa per la fabbrica Duferdofin, lambisce la parte meridionale del territorio comunale, per terminare in località Cascina Colombo Nuovo, a Borgosatollo. Si notano gli stessi motivi della sezione precedente, con minor presenza di conglomerati e un incremento degli orizzonti argillosi verso est.

8.5 CAMPAGNA DI MISURE PIEZOMETRICHE

Sulla base dei dati tecnici raccolti è stata programmata una campagna di misure del livello piezometrico della falda a pelo libero nel comune di S. Zeno, realizzata nel novembre del 2006. I dati sono stati integrati con alcune misurazioni effettuate nei comuni limitrofi, dove era possibile effettuare misure dei livelli statici. Nel comune di San Zeno sono stati esaminati alcuni pozzi pubblici e altri privati. Per i comuni limitrofi sono stati esaminati diversi pozzi pubblici e privati.

Per l'interpretazione di questi dati si è dovuto separare i livelli misurati in pozzi che intercettano anche la falda freatica o non hanno setti di separazione e quelli che intercettano altre falde più profonde e hanno sistemi di isolamento efficienti.

8.5.1 SOGGIACENZA E PIEZOMETRIA

La soggiacenza delle falde, cioè la profondità dell'acqua dal piano campagna, condiziona la vulnerabilità naturale di un sito e ne determina una maggiore o minore attitudine a sopportare un eventuale fenomeno di inquinamento.

Per quanto riguarda la falda freatica nei depositi fluvioglaciali dell'alta pianura si hanno valori della soggiacenza variabili tra 2 e 5 m circa e nella parte occidentale e meridionale del territorio comunale sono meno variabili.

La ricostruzione delle linee isopiezometriche, cioè delle linee di uguale quota, sul livello del mare, della superficie piezometrica della falda freatica, ha permesso di rappresentare una tavola d'acqua continua e la sua morfologia.

Sulla base dei dati rilevati pozzi sono state elaborate le curve isopiezometriche riportate nella CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA' CON ELEMENTI IDROGRAFICI, a scala 1: 5.000. E' stata riportata una interlinea di 1,00 m; in carta sono anche indicati i pozzi di controllo e i dati, compreso il valore della soggiacenza sono inseriti del database collegato alla cartografia. L'elaborazione di tali linee è stata effettuata mediante un software specifico, che utilizza un modello di calcolo numerico di interpolazione dei dati, per la ricostruzione di tali isolinee dai dati rilevati in campagna.

Nel settore settentrionale e occidentale del territorio le isopiezometriche presentano un andamento generale NE-SW, che passa a circa N-S muovendo verso SSE. A grande scala si nota la perturbazione dovuta alla presenza dei fontanili sia della Cascina Naviglio sia di località Aspes, dove si notano degli assi drenanti.

Anche il gradiente idraulico è condizionato da tale perturbazione e in generale non varia molto intorno a valori medi (da 0,40 a 0,65 %).

Dal confronto con gli studi precedenti e i dati della letteratura scientifica si nota che l'andamento generale non è mutato di molto nel tempo (dagli anni 80 ad oggi) e che i valori della soggiacenza sono abbastanza costanti.

8.6 Caratteristiche degli acquiferi

Le unità idrostratigrafiche A e B (depositi fluvioglaciali wurmiani, conglomerati e ghiaie) sono sede di livelli acquiferi, più o meno continui, comunque in comunicazione tra loro, poiché i livelli impermeabili (terreni argillosi) o semi permeabili (livelli conglomeratici più o meno compatti) sono discontinui sia come spessore sia come continuità laterale. Anche all'interno dell'unità conglomeratica si hanno notevoli spessori di ghiaie sciolte o debolmente cementate, passanti a conglomerati fessurati, dotati in genere di buona permeabilità. Quindi, come si può notare dalle sezioni idrogeologiche allegate, si ha una circolazione idrica sotterranea in diversi livelli sovrapposti, tra loro comunicanti, riconducibili ad una unica falda a pelo libero (freatica) multistrato. L'acquifero freatico così definito ha uno spessore medio di 70-80 m e non è omogeneo su tutto il territorio, sia da un punto di vista litologico, sia come spessori. Infine anche nell'unità villafranchiana si hanno intercalazioni di ghiaie e sabbie acquiferi, con falde in pressione e sono sfruttate a scopo idropotabile in alcuni pozzi, essendo ben protette rispetto ad eventuali contaminanti. Tali falde possono risultare poco produttive, in quanto contenute in orizzonti di spessore limitato e con scarsa continuità laterale.

8.7 FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO PUBBLICHE E PRIVATE

Il censimento dei pozzi è stato svolto mediante un controllo sul terreno dei pozzi già presenti negli archivi comunali e degli scriventi e con una verifica a tappeto sul territorio anche dei comuni limitrofi. Nel comune di San Zeno sono stati così censiti un totale di 13 pozzi privati e 2 comunali i cui dati sono riportati nella Tabella 1; tali opere sono rappresentate nella TAV. 2, CARTA IDROGEOLOGICA CON ELEMENTI IDROGRAFICI a scala 1: 10.000. Per i pozzi comunali sono state compilate le schede come secondo le direttive regionali.

Le fonti di approvvigionamento idrico ad uso potabile sono rappresentata dai pozzi comunali :

- ◆ Pozzo comunale "Cavour";
- ◆ Pozzo comunale "Puccini";

I pozzi privati sono ad uso industriale e zootecnico, subordinatamente ad uso irriguo e domestico e non sempre è disponibile il dato stratigrafico.

In particolare, il pozzo del Condominio San Zeno 2 è adibito ad uso industriale, ma anche ad uso potabile, non essendo tale area artigianale servita dall'acquedotto comunale.

Si deve inoltre tener conto del fatto che nelle cascine isolate, dove non c'è l'allacciamento all'acquedotto comunale, si possono avere pozzi domestici di piccolo diametro.

8.8 QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE CAPTATE DAI POZZI COMUNALI

Per definire lo stato qualitativo delle acque di falda sono stati esaminati i parametri chimici e microbiologici relativi alle acque emunte dai pozzi comunali, messi gentilmente a disposizione dall'Amministrazione Comunale. I dati ricoprono un periodo di tempo compreso tra il 1990 e il 1995 (studio geologico precedente, già citato) e il 2006 e riguardano acque prelevate sia direttamente dall'opera di presa sia da alcuni punti di utenza pubblica (fontanelle). Le schede dei pozzi comunali contengono le tabelle dei valori dei principali parametri chimici e microbiologici rilevati nell'anno 2006, mentre sui certificati d'analisi si ha l'indicazione dei valori guida e della Concentrazione Massima Ammissibile (previsti dal D. Lgs 152/06).

Da un esame delle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque si possono fare alcune considerazioni.

La conducibilità appare relativamente alta, con valori più elevati del passato in entrambe i pozzi.

La durezza risulta sempre vicina ai valori più elevati degli anni precedenti.

Tra tutti i parametri chimici analizzati si notano un valori relativamente alti dei solfati e dei Cloruri. I Nitrati rientrano sempre nelle Concentrazioni massime ammissibili per le acque potabili, anche se si ritiene che vadano tenuti sotto controllo.

Viene confermata la presenza minima di solventi clorurati, ampiamente nei limiti. Sono praticamente assenti alcuni metalli pesanti (Cr, Pd, Cd, As), tranne tracce di Cromo e Nichel nel pozzo Cavour.

Infine l'analisi microbiologica ha evidenziato l'assenza di una carica batterica. Anche per gli altri parametri non sono stati superati i limiti imposti dal D.Lgs 152/06 e l'acqua è sempre risultata conforme.

9. VULNERABILITA' NATURALE DEGLI ACQUIFERI

La vulnerabilità intrinseca o naturale di un sito si definisce come la suscettibilità specifica ad assorbire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea. La vulnerabilità è quindi funzione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio (litologia, struttura e geometria del sistema idrogeologico, natura del suolo, geometria della copertura, ricarica, ecc.). La pericolosità di un sito è legata alla componente antropica data dai fattori a rischio (attività inquinanti).

La stima della vulnerabilità all'inquinamento delle acque sotterranee e dei suoli ha lo scopo di:

- fornire informazioni circa il diverso grado di idoneità dei vari settori ad accogliere insediamenti o attività;
- localizzare e stabilire le situazioni di incompatibilità dello stato di fatto, così da consentire interventi per l'attenuazione del rischio;
- evidenziare natura ed entità del rischio in funzione delle diverse attività prefigurabili per uno stesso sito;
- contribuire all'individuazione di vincoli e condizioni di gestione di determinate attività da attuare attraverso il piano di governo del territorio (PGT).

9.1 METODOLOGIA UTILIZZATA

La metodologia adottata, nota in letteratura come metodo SINTACS R5, fornisce uno strumento per suddividere le unità idrogeologiche, classificandole sulla base dei 7 parametri che più direttamente condizionano le possibilità di evoluzione di un fenomeno di contaminazione delle acque sotterranee, mediante un indice di vulnerabilità.

I parametri per la valutazione della vulnerabilità naturale di un territorio sono suddivisibili in statici (tipologia della copertura; caratteri tessiturali del non saturo e saturo; conducibilità idraulica dell'acquifero; topografia) e dinamici (soggiacenza; infiltrazione efficace). Tale fatto implica che le condizioni al contorno possano variare nel tempo, soprattutto al variare della soggiacenza, per fattori naturali o antropici. E' quindi importante riferire la vulnerabilità ad un preciso periodo temporale e mantenere la situazione sotto controllo per cogliere eventuali variazioni.

La metodologia prevede alcuni passaggi di elaborazione:

- analisi dei parametri riferendoli al territorio in studio;
- attribuzione ai dati relativi a ciascun parametro di un valore, da 1 a 10, secondo una funzione;
- assegnazione di un peso ai vari parametri, in funzione delle situazioni idrogeologiche e di impatto (normale o rilevante), variabile da 1 a 5;
- calcolo di un indice di vulnerabilità, variabile da 26 a 260, dato dalla somma del prodotto del peso per il valore di ciascun parametro;
- classificazione dell'indice di vulnerabilità per fornire una suddivisione in 6 gradi di vulnerabilità.

9.1.2 VULNERABILITA' DELLA FALDA FREATICA

La valutazione della vulnerabilità è relativa a ciascun acquifero, in quanto cambiano i riferimenti della zona satura, della zona non satura e della soggiacenza, mentre rimangono invariati la protettività dei suoli, la acclività, la ricarica. Nel territorio comunale di San Zeno è stata valutata la vulnerabilità naturale delle acque di pri-

ma falda che posso costituire fonte di alimentazione per le acque sottostanti, oltre che per la idrografia superficiale. Secondo la metodologia indicata sono state svolte varie fasi:

91.2.1 – Prima fase

I parametri considerati per l'analisi della vulnerabilità della falda superficiale sono:

A) **Soggiacenza**: è la profondità della tavola d'acqua sotterranea dal piano campagna, condiziona la vulnerabilità naturale di un sito in quanto maggiore è la soggiacenza, maggiore è la possibilità che un inquinante si abbatta o diminuisca la sua concentrazione. Per valutare questo parametro si è tenuto conto dei dati piezometrici rilevati.

B) **Infiltrazione efficace**: zone dove si ha un'elevata ricarica hanno maggiori possibilità di infiltrazione di acqua che può trascinare con sé materiale inquinato. Si calcola dalla piovosità efficace (P) e dalle condizioni idrogeologiche superficiali che vengono conglobate nel coefficiente di infiltrazione potenziale (X). In base alla piovosità media annua del sito. In questo parametro si è tenuto conto in parte delle pratiche irrigue, peraltro molto diffuse.

C) **Effetto di autodepurazione del non saturo**: La zona insatura è la parte di sottosuolo compresa tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero. Le tessiture influenzano la possibilità di percolazione dell'acqua e/o di un eventuale inquinante, nel non saturo, e di deflusso, nel saturo. L'effetto di autodepurazione si valuta a partire dalle condizioni litologiche dello spessore insaturo; per i mezzi porosi fungono in genere da discriminanti la granulometria e il grado di uniformità del materiale, parametri che controllano le dimensioni dei meati (quindi la porosità cinematica) e la lunghezza e tortuosità dei percorsi (quindi la dispersione). Per questa valutazione si è fatto riferimento alla suddivisione indicata nella carta geolitologica.

D) **Tipologia della copertura**: riveste un ruolo importante nella mitigazione dell'impatto degli inquinanti e nella valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi. Al suo interno si esplicano importanti processi che costituiscono un potenziale di attenuazione del suolo (assorbimento, filtrazione, drenaggio, umidità, ecc.). Al fine di valutare la capacità protettiva di un suolo si considerano sia i parametri pedologici (granulometria, tessitura, spessore, porosità, conducibilità idraulica, ecc.) sia i parametri che influenzano direttamente sul grado di assorbimento di un composto chimico (pH, capacità di scambio cationico, contenuto sostanza organica, contenuto in argilla, ecc.). In base allo studio geopedologico i suoli sono stati classificati secondo diversi gradi di protettività ai quali sono stati attribuiti valori differenti.

E) **Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero**: la tipologia (libero, confinato, semiconfinato) e le caratteristiche dell'acquifero (portata, ricarica attiva, velocità effettiva di flusso, ecc.) influenzano i processi di dispersione o di diluizione di un inquinante quando giunge a mescolarsi con l'acqua sotterranea.

F) **Conducibilità idraulica dell'acquifero**: questo parametro è strettamente connesso con la litologia dei depositi ed incide sulla vulnerabilità di un sito determinando la velocità con cui un eventuale inquinante si sposta in falda.

G) **Topografia:** la maggiore acclività di un territorio consente un deflusso superficiale più veloce e quindi una possibilità di infiltrazione superficiale minore; viceversa bassi gradienti topografici favoriscono il ristagno dell'acqua, e quindi anche di eventuali inquinanti, con conseguente possibile infiltrazione. Data la topografia del territorio in esame si ha ovunque una classe di acclività bassa.

9.1.2.2 – Seconda fase

A ciascun parametro viene assegnato un peso, in funzione della situazione territoriale. Si tratta di territori morfologicamente adatti ad antropizzazione estensiva, con colture che prevedono applicazioni di irrigazione, spargimento di liquami, aree industriali attive, aree urbanizzate.

I pesi attribuiti secondo il metodo SINTACS R5 impatto rilevante sono:

<i>parametro</i>	<i>peso</i>
soggiacenza	5
infiltrazione efficace	5
non saturo	4
tipologia della copertura	5
acquifero	3
conducibilità idraulica dell'acquifero	2
acclività superficie topografica	2

I pesi esaltano notevolmente la funzione della soggiacenza e dell'insaturo combinati, ma anche quella fondamentale del suolo come prima linea di difesa contro l'inquinamento da fonti sia diffuse che puntuali. Un valore alto viene attribuito anche al parametro infiltrazione per tener conto delle pratiche irrigue che forniscono un potente vettore ai possibili inquinanti sparsi o/e applicati sulla superficie del suolo.

I parametri sopra definiti sono stati assegnati, per aree omogenee, e sono stati inseriti nel database collegato alla TAV. 2 - CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA' CON ELEMENTI IDROGRAFICI.

9.1.2.3 – Terza Fase

Per ogni unità presa in considerazione, il prodotto del valore di ciascun parametro per il relativo peso, sommati tra loro, determina un indice di vulnerabilità, variabile da 26 a 260. In tal modo si associa ad ogni unità un indice che tiene conto di tutti gli elementi che su di esso agiscono. L'indice di vulnerabilità è stato quindi suddiviso in 6 classi di vulnerabilità, di seguito indicate.

Classe	Definizione	Range
Bb	Bassissima	26 – 80
B	Bassa	81 – 105
M	Media	106 – 140
A	Alta	141 – 186
E	Elevata	187 – 210
Ee	Estremamente Elevata	211– 260

Le elaborazioni, sintetizzate nella TAV. 2 - CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA' CON ELEMENTI IDROGRAFICI, a scala 1: 10.000, hanno individuato nel territorio comunale di San Zeno la presenza di 3 classi di vulnerabili-

tà, e precisamente la M, A e E (Media, Alta ed Elevata), evidenziate in grassetto nella tabella precedente.

8.1.3 VULNERABILITA' DELLE FALDE PROFONDE

Nella valutazione della vulnerabilità intrinseca delle falde profonde alcuni parametri restano invariati (protettività dei suoli, la acclività, la ricarica), ma cambiano sensibilmente le condizioni per altri parametri : in parte la zona satura, la zona non satura e soggiacenza.

Utilizzando lo stesso metodo per le falde più profonde si ottengono dei valori dell'Indice Sintacs, a cui corrisponde una classe di **vulnerabilità media**. Si fa notare che tali acquiferi sono dotati di acque di buona qualità, che possono essere utilizzate anche per consumo umano, come nei pozzi dell'acquedotto comunale.

10. SISMICITA'

Il territorio comunale di S. Zeno Naviglio è stato recentemente classificato sismico in Zona 3 (O.P.CM. 3274- 3431 e D.G.R. 7/14964 del 07/11/03) : $a = 0,15g$ (accelerazione orizzontale massima convenzionale al bedrock).

Di seguito si riporta la valutazione del rischio sismico in base all'analisi della pericolosità sismica locale, in relazione alle condizioni geologiche geomorfologiche del territorio esaminato, come indicato nelle direttive regionali (All. 5 della D.G.R. 8/1566/05).

10.1 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**10.1.1 ANALISI DI 1° LIVELLO**

Le condizioni locali (caratteristiche, geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche), in occasione di eventi sismici, possono influenzare la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. Gli effetti indotti da particolari condizioni geologiche e/o geomorfologiche sono in grado di produrre danni diversificati su fabbricati con caratteristiche analoghe, entro zone anche ravvicinate. In tali situazioni si possono verificare fenomeni di focalizzazione dell'energia sismica incidente, con esaltazione delle ampiezze delle onde, fenomeni di riflessione multipla con variazione delle ampiezze delle vibrazioni e delle frequenze del moto.

La procedura indicata nell.All. 5 della D.G.R. 8/1566 distingue scenari di pericolosità sismica causati da effetti di amplificazioni topografica e da effetti di amplificazione litologica.

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Gli effetti di amplificazione topografica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale.

Gli effetti di amplificazione litologica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie,...) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Per il territorio in esame, caratterizzato da un andamento regolare e subpianeggiante della topografia, non vi sono effetti dovuti ad amplificazione topografica ma si potrebbero verificare effetti dovuti ad amplificazione litologica, in quanto può essere considerata all'interno dello scenario Z4a – zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.

Verranno quindi applicate, cautelativamente le procedura di 2° livello.

10.1.2 ANALISI DI 2° LIVELLO

Si è quindi proceduto ad effettuare una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica locale in termini di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello permette quindi di valutare se la normativa nazionale (D.M. 15/09/05) è sufficiente a salvaguardare gli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato < Fa di soglia comunale, come calcolato dal Ploitecnico di Milano per la Regione Lombardia).

La procedura, come indicato nelle direttive regionali (All.5 della D.G.R. 8/1566/05), prevede la stima quantitativa della risposta sismica locale dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa) dell'impulso sismico. Le indagini e le analisi sono stati condotti con metodi quantitativi semplificati e hanno permesso di effettuare una zonazione del territorio in esame in funzione del fattore di amplificazione calcolato. I risultati sono riportati nelle schede allegate e nella CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA DI II LIVELLO a scala 1: 5.000.

Il valore di Fa calcolato si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1-0,5 s e 0,5 -1,5 s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio.

Per stimare gli effetti litologici i parametri da prendere in considerazione sono :

- ◆ litologia prevalente;
- ◆ stratigrafia del sito;
- ◆ spessore degli strati;
- ◆ andamento delle Vs con la profondità fino a Vs > 800 m/s;
- ◆ modello geotecnico e geofisico del sito.

La litologia prevalente e la stratigrafia di alcuni siti rappresentativi del territorio comunale sono stati ricostruiti sulla base dei dati esistenti, anche da indagini geognostiche, studi geologici e stratigrafie di pozzi.

L'andamento delle Vs con la profondità e il modello geotecnico e geofisico sono stati ricostruiti sulla base di indagini geofisiche (stendimenti di sismica a rifrazione) effettuate ad hoc, nell'ambito dell'adeguamento allo studio geologico per il PGT; il grado di attendibilità di tali indagini risulta elevato.

Per quanto riguarda le metodologie e le analisi delle indagini geofisiche mediante sismica a rifrazione si rimanda alla relazione allegata (rapporto interpretativo).

In altri siti, ove erano disponibili dati geotecnici da indagini effettuate recentemente, il modello geofisico è stato ricostruito sulla base di prove indirette e relazioni empiriche, note in letteratura, confrontate e analizzate criticamente sulla base delle indagini geofisiche. In questo caso il grado di attendibilità risulta medio-basso, anche se i fattori di amplificazione calcolati appaiono cautelativi.

I valori di F_a ottenuti per i diversi siti analizzati possono essere schematizzati come segue :

A) F_a	0,1 - 0,5 s	1,77 - 1,82	Soglia = 1,60
B) F_a	0,5 - 1,5 s	2,13 - 2,17	Soglia = 2,60

Si può notare come nel caso di edifici con periodo proprio compreso tra 0,1 e 0,5 s, che peraltro sono quelli più diffusi i fattori di amplificazione calcolati risultino superiori, sia pur di poco, rispetto ai valori di soglia forniti dallo studio del Politecnico di Milano-Regione Lombardia. Si deve tuttavia rimarcare il fatto che in tale studio non sono state elaborate schede specifiche per i terreni sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, quali sono quelli presenti nel territorio in esame.

Pertanto, in assenza di schede specifiche per un calcolo preciso dei fattori di amplificazione e tenendo conto che anche lo scenario di pericolosità non è esattamente riscontrabile i valori di F_a calcolati possono essere stati sovrastimati e in realtà dovrebbero stare al di sotto dei valori di soglia e gli effetti di sito sono coperti dalla normativa nazionale.

Quindi, data la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni in genere riscontrate nei depositi esaminati nei vari siti, l'applicazione dello spettro elastico previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 15/09/05) risulta sufficiente a coprire gli effetti litologici di sito. Per il territorio comunale di San Zeno Naviglio non si hanno quindi prescrizioni specifiche, da un punto di vista sismico, per la progettazione.

Sulla base dei dati calcolati, e riportati nelle schede allegate, è stata costruita la TAV. 5 - CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA DI II LIVELLO a scala 1: 5.000, nella quale sono indicati i siti dove sono state effettuate indagini e studi ed è stata eseguita una zonazione per aree omogenee a uguale $F_{a0,1-0,5}$.

11. CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI

Nella TAV. 6 - CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI, a scala 1: 5.000, sono riportate le limitazioni derivanti da normative e piani sovraordinati, già in vigore, di contenuto strettamente geologico.

Nel territorio in esame sono stati riscontrati i seguenti vincoli :

- ★ Vincoli di polizia idraulica (L.R. 1/2000 – D.G.R. N. 7/7868 e successive modifiche, attribuzione ai comuni dei compiti di Polizia Idraulica sul reticolo idrico minore) sui corsi d'acqua del reticolo idrico minore.
- ★ Fascia di rispetto dei fontanili;
- ★ vincoli legati alle aree di salvaguardia delle captazioni di acqua destinata al consumo umano, in base al D-Lgs 152/06 e alle disposizioni della D.G.R. 6/15137 del 27/06/96. Nella carta sono state indicate separatamente le aree di tutela assoluta dei pozzi comunale e le rispettive aree di rispetto, come riportato anche sulle schede dei pozzi allegate.
- ★ Aree di cava dismessa, anch'esse sottoposte alla normativa del Piano Cave Provinciale.

12. CARTA DI SINTESI

La TAV. 6 - CARTA DI SINTESI è stata realizzata per tutto il territorio in scala 1: 5.000 e comprende tutto il territorio comunale. Su di essa sono stati riportati tutti gli elementi maggiormente significativi in relazione alle diverse problematiche esistenti.

Gli elementi che sono stati inseriti sono i seguenti :

12.1 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Aree ad elevata vulnerabilità intrinseca dell'acquifero freatico, come definite sopra, nello studio della vulnerabilità degli acquiferi.

Aree con emergenze idriche (fontanili).

12.1 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Aree di pertinenza dei corsi d'acqua (art. 96 della L. 523/1904 e art. 3 comma 114 della L.r. 1/2000); Si tratta di una fascia di rispetto di 10, 2, 1 m per lato dei corsi d'acqua individuati. La fascia di rispetto ha funzione sia di lasciare al corso d'acqua un ambito di pertinenza all'interno del quale si possono verificare fenomeni erosivi e di esondazione, sia di salvaguardare i corsi d'acqua, intesi come elementi strutturanti del paesaggio, in quanto spesso lungo il corso d'acqua è presente vegetazione di tipo arboreo e/o arbustivo.

Aree potenzialmente inondabili.

2.1 AREE CON TERRENI CHE PRESENTANO CARATTERISTICHE GEOTECNICHE SCADENTI

Aree in cui si hanno spessori significativi di terreni di riporto o fortemente rimaneggiati, che presentano caratteristiche geotecniche scadenti.

13. CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

Ai sensi dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, N. 12 e con riferimento ai criteri descritti nella Deliberazione della Giunta Regionale n. 1/566 del 22/12/2005 il territorio di San Zeno Naviglio è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità geologica, tenuto conto dei singoli aspetti litologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici emersi dallo studio ed evidenziati nella carta dei vincoli e di sintesi (TAV.6-7).

Le classi vengono distinte in sottoclassi in funzione di diversi fattori e problematiche che interessano il territorio o dei vincoli esistenti :

- rischio idraulico e processi erosivi derivanti dalla rete idrografica;
- zona di rispetto di opere di captazione pubbliche;
- vulnerabilità delle acque sotterranee;
- terreni con caratteristiche geotecniche scadenti;
- aree estrattive dismesse ed attive;
- aree a pericolosità sismica locale.

Qualora si verifichi la sovrapposizione di più sottoclassi sulla stessa area, in carta sono rappresentate le rispettive sigle, in modo da evidenziare tutte le problematiche esistenti. All'interno di queste aree valgono le limitazioni più restrittive.

Per ogni sottoclasse vengono di seguito elencate nella descrizione le limitazioni più significative; per le restanti si rimanda alla griglia riassuntiva allegata a fine capitolo.

Alla Carta di fattibilità geologica viene sovrapposta una retinatura che delimita le aree soggette ad amplificazione sismica locale, desunte dalle carte di pericolosità sismica di I e II livello.

Questo paragrafo dovrà essere riportato integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T., a supporto del quale lo studio geologico è stato realizzato.

Sono state istituite le classi di fattibilità geologica, elencate partendo dalle classi più elevate a cui corrispondono le limitazioni più gravi.

13.1 - CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

Rientrano in questa classe le aree soggette ad una forte restrizione della fattibilità nelle quali sono escluse nuove edificazioni ad eccezione delle opere tese alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente interventi così come definiti dall'art. 31, lettere a), b), c) della Legge 457/1978. Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; a tal fine, alle istanze per l'approvazione di tali opere da parte dell'Autorità Comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica, geotecnica, idrogeologica e idraulica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio potenziale presente.

Viene suddivisa in tre sottoclassi di seguito elencate :

4a - Area di pertinenza del corso d'acqua esondabile in concomitanza di piene ordinarie e/o soggetta a fenomeni erosivi collegati all'attività idrica.

L'istituzione di una fascia di rispetto per i corsi d'acqua è prevista dall'art. 96 della L. 523/1904 ed è stata definita nello studio del reticolo idrico minore. Si tratta di aree in genere comprese entro una fascia di 10 m dalle sponde dei corsi d'acqua principali costituenti la rete idrografica del territorio, soggette a ricorrenti problematiche di tipo idraulico quali fenomeni di esondazione ed allagamento, unitamente a processi erosivi con possibile arretramento delle sponde.

A queste aree vengono anche associate motivazioni di carattere ambientale in quanto spesso lungo il corso d'acqua è presente vegetazione di tipo arboreo e/o arbustivo.

La restrizione della fattibilità va soprattutto intesa a tutela del reticolo idrografico naturale e artificiale spesso influenzato negativamente da strutture che hanno determinato una riduzione della sezione idraulica. Si raccomanda inoltre di effettuare periodicamente i necessari interventi di pulizia e di manutenzione lungo l'alveo dei corsi d'acqua. Come secondo le norme del P.A.I. non è consentito coprire i corsi d'acqua se non per provata necessità.

Sui corsi d'acqua e nelle relative fasce di rispetto saranno consentiti solo gli interventi di difesa idraulica e recupero ambientale.

Sono previste le seguenti indagini di approfondimento: indagini geologiche, geotecniche, idrogeologiche e idrauliche che dimostrino la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio potenziale presente.

4b - Aree a rischio idraulico.

Si tratta di aree soggette a ricorrenti problematiche di tipo idraulico quali fenomeni di esondazione ed allagamento, unitamente a processi erosivi con possibile arretramento delle sponde.

A queste aree vengono associate anche motivazioni di carattere ambientale in quanto spesso lungo il corso d'acqua è presente vegetazione di tipo arboreo e/o arbustivo.

In tali aree saranno consentiti solo gli interventi migliorativi e di difesa idraulica e/o recupero ambientale; sono previste le seguenti indagini di approfondimento: indagini geologiche, geotecniche, idrogeologiche e idrauliche che dimostrino la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio potenziale presente.

4c - Zona di tutela assoluta del pozzo comunale.

Con riferimento alle disposizioni di legge vigenti (D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152) il pozzo comunale è delimitato da una zona perimetrale circolare con raggio di 10 m definita di tutela assoluta che deve essere adibita esclusivamente ad opere di presa e a costruzioni di servizio; deve essere recintata e provvista di canalizzazioni per le acque meteoriche.

4d - Area di cava dismessa.

Con riferimento alle disposizioni di legge vigenti le aree in cui sono cessate le attività estrattive dovranno essere recuperate da un punto di vista ambientale. In tali aree saranno consentiti esclusivamente gli interventi finalizzati al recupero ambientale della zona.

Qualsiasi progetto di recupero ambientale dovrà essere accompagnato da una relazione geologica, geotecnica e idrogeologica, che analizzi in dettaglio gli effetti degli interventi sulla vulnerabilità della falda freatica.

13.2 - CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Nelle aree ricomprese nella Classe 3 di fattibilità si hanno consistenti limitazioni al cambio di destinazione d'uso legate sia alla vulnerabilità intrinseca della falda freatica, sia a terreni con caratteristiche geotecniche scadenti in superficie, e anche a motivazioni ambientali e a paesaggistiche, anche in relazione alle indicazioni del PTCP.

I progetti per le nuove costruzioni dovranno essere dotati delle indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche di dettaglio previste dal Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

In questa classe vengono raggruppate tre sottoclassi:

3a - Zona di rispetto del pozzo comunale.

I riferimenti legislativi vigenti prevedono l'istituzione di una zona di rispetto circolare con raggio di 200 m intorno all'opera di presa del pozzo comunale in cui sono opportunamente regolamentate (vedi art. 94 comma 4-5-6-7 del D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152) le attività esistenti, mentre per quelle nuove si hanno limitazioni e/o divieti.

Le normative sopra citate e la Deliberazione della G.R. del 27/06/96 n. 6/15137 prevedono altresì che, solo in caso di acquifero protetto, la zona di rispetto possa essere ridotta, sulla scorta di uno studio idrogeologico di dettaglio; nel contesto in cui sono inseriti i pozzi comunali potrà essere ridefinita la zona di rispetto solo con il criterio temporale, ma senza riduzioni.

Oltre a quanto fissato dal Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti "Norme Tecniche per le Costruzioni" del 14/09/2005, in tali aree valgono le seguenti prescrizioni specifiche:

- modello geologico dei terreni (tipi di suolo, modello geofisico, effetti di sito, spettri di risposta, escursioni del livello piezometrico, ecc.);
- caratterizzazione dei terreni mediante prove geotecniche in sito e/o in laboratorio (caratteristiche geotecniche, ecc);
- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione;
- Nel caso di interventi entro le aree densamente urbanizzate (centro storico) andrà attentamente valutata l'influenza dei singoli interventi sulle aree e fabbricati limitrofi.
- le eventuali opere consentite dalle normative sono subordinate ad un'indagine idrogeologica di dettaglio che accerti la compatibilità degli interventi previsti con lo stato di potenziale vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee.

3b - Aree ad elevata vulnerabilità intrinseca della falda freatica.

Sono consentite tutte le tipologie di intervento tranne le attività produttive potenzialmente idroinquinanti per la cui realizzazione dovrà essere eseguita un'indagine idrogeologica che valuti il possibile impatto sulle acque sotterranee e che preveda, se necessario, l'adozione di accorgimenti in grado di tutelare la falda acquifera e di sistemi di controllo adeguati.

Ai sensi del Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” del 14/09/2005, in tali aree valgono le seguenti prescrizioni specifiche:

- modello geologico dei terreni (tipi di suolo, modello geofisico, effetti di sito, spettri di risposta, escursioni del livello piezometrico, ecc.);
- caratterizzazione dei terreni mediante prove geotecniche in sito e/o in laboratorio (caratteristiche geotecniche, ecc);
- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione;
- le eventuali opere consentite sono subordinate ad un' indagine idrogeologica di dettaglio che accerti la compatibilità degli interventi previsti con lo stato di potenziale vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee.
- Nel caso di interventi entro le aree densamente urbanizzate (centro storico) andrà attentamente valutata l'influenza dei singoli interventi sulle aree e fabbricati limitrofi.

L'utilizzo agricolo dei reflui zootecnici dovrà essere subordinato all'adozione di un Piano di Utilizzazione Agronomica (PUA) con le seguenti prescrizioni :

- le aree utili allo spandimento dei liquami dovranno essere calcolate sottraendo le fasce di rispetto dei corsi d'acqua e dei canali o fossi irrigui (10 m dall'argine).

3c – Area con emergenza idrica (fontanile)

Si tratta di una fascia di rispetto a carattere ambientale in corrispondenza delle teste dei fontanili individuati nel territorio comunale, poiché i fontanili costituiscono elementi di interesse paesaggistico e naturalistico, essendo ambienti in cui si ha una presenza costante di acque con condizioni fisiche e chimiche pressoché costanti. Rappresentano inoltre, come descritto in precedenza, un' importante testimonianza storica dell'utilizzo agricolo dell'acqua.

In tale ambito saranno consentiti interventi finalizzati alla salvaguardia dei corsi d'acqua e delle emergenze in corrispondenza delle teste dei fontanili, nonché della vegetazione ad essi associata.

3d – Area con caratteristiche geotecniche scadenti

Data la presenza, soprattutto nei primi metri, di materiali rimaneggiati e/o terreni dotati di caratteristiche geotecniche scadenti e con la presenza di acque sotterranee a debole profondità dal piano di campagna si richiede un maggior approfondimento per quanto riguarda le indagini geognostiche, in sito e/o in laboratorio, oppure indirette (metodi geofisici), allo scopo di definire con sufficiente dettaglio il modello geologico e geotecnico del sottosuolo. Nel caso di opere edili di una certa importanza potrà risultare necessario adottare fondazioni speciali o un miglioramento del terreno.

Sono consentite tutte le tipologie di intervento, per le quali, come secondo il sopraccitato D.M. 14/09/2005, in tali aree valgono le seguenti prescrizioni specifiche:

- modello geologico dei terreni (tipi di suolo, modello geofisico, effetti di sito, spettri di risposta, escursioni del livello piezometrico, ecc.);

- caratterizzazione dei terreni mediante prove geotecniche in sito e/o in laboratorio (caratteristiche geotecniche, ecc), non è consentito utilizzare esclusivamente dati dalla letteratura e da aree limitrofe;
- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione;

Per quanto riguarda le pavimentazioni con impermeabilizzazione sarebbe auspicabile una loro riduzione al fine di diminuire il deflusso idrico superficiale.

13.3 - CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

Nelle aree ricomprese nella Classe 2 di fattibilità, i progetti per le nuove costruzioni dovranno essere dotati delle indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche di dettaglio previste dal Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

2a - Aree caratterizzate da vulnerabilità intrinseca della falda freatica medio-alta.

Sono consentite tutte le tipologie di intervento, tenendo conto che per le attività produttive potenzialmente idroinquinanti dovrà essere valutato il possibile impatto sulle acque sotterranee e previsto, se necessario, l'adozione di accorgimenti in grado di tutelare la falda acquifera e di sistemi di controllo adeguati.

Oltre a quanto fissato dal sopracitato D.M. 14/09/2005, sono previste le seguenti indagini di approfondimento :

- caratterizzazione dei terreni mediante prove geotecniche (tipi di suolo, effetti di sito, spettri di risposta);
- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione;
- valutazione della soggiacenza della falda in caso di strutture sotterranee che possano interferire con la falda stessa;
- Nel caso di interventi entro le aree densamente urbanizzate (centro storico) andrà attentamente valutata l'influenza dei singoli interventi sulle aree e fabbricati limitrofi.

L'utilizzo agricolo dei reflui zootecnici dovrà essere subordinato all'adozione di un Piano di Utilizzazione Agronomica (PUA) con le seguenti prescrizioni :

- le aree utili allo spandimento dei liquami dovranno essere calcolate sottraendo le fasce di rispetto dei corsi d'acqua e dei canali o fossi irrigui (10 m dall'argine).

Per quanto riguarda le pavimentazioni con impermeabilizzazione sarebbe auspicabile una loro riduzione su tutto il territorio, al fine di diminuire il deflusso idrico superficiale.

Si vuole sottolineare infine che ogni intervento di ingegneria civile previsto sul territorio in esame è soggetto al D.M.L.L.P.P. 14/09/2006 e i dati contenuti nel presente studio hanno valore esclusivamente per la pianificazione urbanistica e non potranno essere utilizzati per la progettazione di opere di ingegneria civile in generale.

Per quanto riguarda la componente sismica è stata effettuata la verifica dell'adeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari di Pericolosità Sismica Locale (PSL) caratterizzati da effetti di amplificazioni litologiche (Zona Z4a), come secondo le schede e la cartografia allegati, secondo la metodologia di analisi di 1° e 2° Livello prevista dalla "D.G.R. 22.12.2005 n. 1566 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12".

Come si può notare dalla cartografia e dalle schede allegate i fattori di amplificazione non consentirebbero di stabilire che la normativa sismica nazionale copre gli effetti di amplificazione sismica dovuti alla litologia. D'altro canto, come detto sopra, l'analisi ha portato a risultati eccessivamente cautelativi, essendo stata condotta utilizzando schede che non rispecchiano esattamente le litologie presenti. Pertanto, dato che i fattori di amplificazione stimati superano di poco (10%) la soglia della normativa nazionale per le zone 3, si ritiene che nel territorio in esame valgono gli spettri di risposta della normativa nazionale. Quindi non saranno richiesti, su tutto il territorio comunale di San Zeno Naviglio, approfondimenti di 3° Livello o passaggi alla zona superiore, come previsto dalla D.G.R. 22.12.2005 n. 1566 sopra richiamata.

14. CONCLUSIONI

Il territorio comunale di San Zeno Naviglio (BS) si estende nell'alta pianura bresciana a tratti con le peculiarità paesaggistiche e naturalistiche tipiche dell'ambiente rurale, ma con una presenza significativa di aree urbanizzate e industriali.

Sono state distinte le unità litologiche sulla base di rilievi di dettaglio, definendo all'interno delle stesse le caratteristiche geotecniche in base ad una buona distribuzione di dati esistenti derivanti da indagini geognostiche.

Sono stati presi in considerazione i limitati fenomeni geomorfici in atto sul territorio, soprattutto quelli legati all'azione delle acque superficiali.

Lo studio idrogeologico ha accertato la presenza di una falda freatica multistrato e falde più profonde, meno produttive, ma più protette.

È stata inoltre analizzata la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero freatico, con il metodo SINTACS R5, che evidenzia una vulnerabilità da medio-alta ad elevata, mentre per le falde più profonde la vulnerabilità intrinseca è più bassa.

Essendo il territorio comunale di San Zeno Naviglio classificato sismico in Zona 3 (O.P.C.M. 3274) è stata posta particolare attenzione al rischio sismico con l'esecuzione di indagini geofisiche finalizzate all'analisi della pericolosità sismica locale, in relazione alle condizioni geologiche geomorfologiche del territorio esaminato, come indicato nelle direttive regionali (All. 5 della D.G.R. 8/1566/05).

La carta di sintesi ha permesso di raggruppare le diverse problematiche emerse per poter operare la suddivisione del territorio comunale in quattro classi di fattibilità geologica per le azioni di piano; quest'ultimo elaborato, oltre a sintetizzare tutti i dati rilevati ed elaborati, sarà lo strumento necessario alla pianificazione urbanistica e territoriale. Quest'ultimo capitolo dovrà essere riportato integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T., a supporto del quale lo studio geologico è stato realizzato.

Si vuole rimarcare infine che il presente studio costituisce uno strumento per la pianificazione territoriale, ma non può essere utilizzato per i singoli interventi che dovranno essere analizzati puntualmente mediante indagini geologiche e geotecniche specifiche programmate secondo le precisazioni contenute nelle norme geologiche di piano, come secondo le normative del D.M.L.L.P.P. 14/09/2005.

Dr geologo Giovanni Fasser

Dr geologo Lara Rossi

Dr forestale Eugenio Fasser

Brescia, 08 marzo 2007

ALLEGATI