

COMUNE DI ARTOGNE

PROVINCIA DI BRESCIA

STUDIO GEOLOGICO COMUNALE

AGGIORNATO A SEGUITO DELLE OSSERVAZIONI DELLA REGIONE LOMBARDIA

TERRITORIO E URBANISTICA PROT. Z1.2009.5049 DEL 11 MARZO 2009

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI
GOVERNO DEL TERRITORIO

Relazione Geologica generale – Relazione illustrativa

Dott. Geologo Gianpiero Feriti

Boario Terme, aprile 2009

Boario Terme, luglio 2014 (Aggiornamento paragrafo 11.3.5)

Indice

1. Premessa	4
2. Inquadramento geografico.....	4
3. Caratteristiche geologico-strutturali del territorio	4
3.1. Descrizione delle Formazioni e delle Unità presenti	5
4. Inquadramento idrogeologico e idrografico	7
4.1. Permeabilità	8
4.2. Reticolo idrografico.....	8
4.3. Elementi idrogeologici	9
4.4. Forme, processi e depositi legati alle acque superficiali	11
4.5. Opere di difesa ed altri elementi antropici	12
5. Inquadramento geomorfologico	14
5.1. Quadro geomorfologico locale	14
5.2. Forme, processi e depositi legati alla gravità	15
5.3. Forme, processi e depositi legati all'attività glaciale e nivale	19
5.4. Forme, processi e depositi legati alle acque superficiali	20
5.5. Elementi antropici.....	20
5.6. Carta della dinamica geomorfologica	20
6. Idrologia.....	21
6.1. Morfometria e pluviometria del bacino del torrente Re.....	21
6.2. Morfometria e pluviometria del bacino del torrente Valzello Pelucco	23
6.3. Morfometria e pluviometria del bacino del torrente val Vedetta	24
7. Dinamica geomorfologica	24
7.1. Conoide del torrente Re	24
7.2. Conoide del torrente Valzello Pelucco	26
7.3. Conoide del torrente Val Vedetta	26
7.4. Dinamica morfologica relativa al fiume Oglio	27
8. Analisi sismica	27
8.1. Livelli di approfondimento dell'analisi sismica	27
8.2. Carta della Pericolosità Sismica Locale	29
8.3. Analisi di secondo livello	29
9. Carta dei vincoli	31
9.1. Fasce fluviali (P. A. I.)	31
9.2. Quadro del dissesto	31
9.3. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile	32
10. Carta di sintesi.....	32
10.1. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti.....	32
10.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	33
10.3. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	33
10.4. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	34
11. Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano.....	34
11.1. Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni.....	35
11.2. Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni	35
11.3. Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni	37
11.4. Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni	40
12. Norme di attuazione PAI.....	41
13. Norme riguardanti la componente sismica	44
13.1. Aree esaminate mediante analisi sismica di secondo livello.....	44
13.2. Aree non esaminate mediante analisi sismica di secondo livello.....	44
14. Bibliografia e riferimenti normativi	45

Allegati

Allegato 1 - Bacini del torrente Re, del torrente Valzello-Pelucco e del torrente val Vedetta - Scala 1:25.000

Allegato 2 - Sezioni d'alveo rappresentative utilizzate per la modellazione - Scala 1:500 (4 pagine)

Allegato 3 – Risultati della modellazione idraulica (3 pagine)

Tavole

Tavola 1 - Carta geolitologica - scala 1:10.000

Tavola 2 - Carta idrogeologica e del sistema idrografico - scala 1:10.000

Tavola 3 - Carta geomorfologica di inquadramento - scala 1:10.000

Tavola 4 - Carta della dinamica geomorfologica - scala 1:5.000 e scala 1:2.000

Tavola 5 - Carta della Pericolosità Sismica Locale - scala 1:10.000

Tavola 6 - Carta dei vincoli - scala 1:10.000

Tavole 7a e 7b - Carta di sintesi - scala 1:5.000

Tavola 8a e 8b - Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano - scala 1:5.000

Tavole 9a e 9b - Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano - scala 1:2.000

Tavola 10 – Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del P.A.I. - scala 1:10.000

1. PREMESSA

Il presente studio è stato redatto su incarico dell'Amministrazione Comunale di Artogne allo scopo di aggiornare lo studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica redatto da Dott. Geol. Alberti nel gennaio 1996.

In ottemperanza alla normativa vigente, lo studio geologico comunale deve essere ampliato prendendo in considerazione anche i seguenti aspetti:

- analisi sismica
- estensione carta di fattibilità all'intero territorio comunale.

Si è pertanto reso necessario l'aggiornamento e l'adeguamento dello studio sulla base delle indicazioni contenute nella D.G.R. LOMBARDIA 8/7374 28 maggio 2008 "CRITERI ED INDIRIZZI PER LA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE ALL'ART. 57 DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N. 12".

Il presente studio integra e completa l'aggiornamento rispetto alla D.G.R. n. 7/7365 del 11/12/2001 già parzialmente effettuato dallo studio Geo.Te.C. a firma del Geologo Fabio Alberti con la redazione dei seguenti studi:

- Tracciamento alla scala della cartografia di P.R.G. del comune di Artogne (scala 1:5.000) dei limiti delle fasce fluviali individuate nel piano stralcio per l'assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po in adempimento all'art. 17 comma 6 della legge 18 maggio 1989 n. 183/89 e secondo le indicazioni contenute della D.G.R. 11 dicembre 2001 n. 7/7365 - Aprile 2002.
- Valutazione della pericolosità nelle aree dei conoidi alluvionali presenti nel settore di fondovalle del territorio comunale di Artogne secondo le indicazioni contenute nella D.G.R. 11 dicembre 2001 n. 7/7365 - Agosto 2003.

Di seguito verranno esaminati gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici del territorio comunale volti alla definizione della fattibilità geologica per la pianificazione comunale.

Lo studio è stato svolto, e viene di seguito presentato, seguendo la metodologia consigliata dalla normativa vigente:

1. raccolta ed esame di tutti i dati di natura geologica disponibili sul territorio comunale (fase di analisi)
2. stesura della carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio sulla base delle normative di carattere geologico in vigore, e della carta di sintesi, che propone la zonazione del territorio sulla base dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica (fase di sintesi/valutazione)
3. redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di attuazione (fase di proposta).

La fase di analisi si concretizza nella stesura dei seguenti elaborati riassuntivi:

- Carta geolitologica - scala 1:10.000 (Tavola 1)
- Carta idrogeologica e del sistema idrografico - scala 1:10.000 (Tavola 2)
- Carta geomorfologica di inquadramento - scala 1:10.000 (Tavola 3)
- Carta della dinamica geomorfologica - scala 1:5.000 e scala 1:2.000 (Tavola 4)
- Carta della Pericolosità Sismica Locale - scala 1:10.000 (Tavola 5)

La fase di sintesi/valutazione porta alla stesura dei seguenti documenti:

- Carta dei vincoli - scala 1:10.000 (Tavola 6)
- Carta di sintesi - scala 1:5.000 (Tavole 7a e 7b)

Infine, la fase di proposta è sintetizzata dai seguenti documenti:

- Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano - scala 1:5.000 (Tavole 8a e 8b)
- Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano - scala 1:2.000 (Tavole 9a e 9b)
- Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del P.A.I. - scala 1:10.000 (Tavola 10).

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Artogne ha un'estensione di circa 21km² e si sviluppa nella bassa Valle Camonica in sinistra idrografica dell'Oglio, dove si estende dall'alveo del fiume, a quota 200mslm circa, fino alla sommità del versante che fa da spartiacque con la Val Trompia, caratterizzato da quote nell'ordine dei 2000mslm.

Il territorio comunale è compreso nelle Sezioni D4b4 D4b5 e D4c4 della Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI DEL TERRITORIO

La bassa Valle Camonica è interessata dalla presenza di un'ampia piega anticlinale, disposta con piano assiale allungato in direzione est-ovest, che porta in affioramento sul fianco sinistro della valle le rocce appartenenti al basamento cristallino sudalpino, rappresentate dalla formazione dei Micascisti del Maniva. Il territorio comunale di Artogne si trova all'incirca sul fianco settentrionale e sulla sommità della piega e le unità della copertura sedimentaria sono sovrapposte in discordanza al basamento cristallino con una disposizione sub-orizzontale o poco inclinata che accompagna la piega nel suo complesso.

La presenza delle intrusioni porfirittiche nella zona del Dosso Bassinaletto è probabilmente connessa alle strutture tettoniche presenti lungo il fianco settentrionale della piega.

La disposizione della scistosità del basamento è fortemente disturbata da pieghe a vario livello e faglie, spesso sottolineate da fasce cataclastiche o milonitiche, anche a livello strettamente locale, che non consentono di valutare nel dettaglio la struttura all'interno dell'anticlinale.

I lineamenti tettonici meglio riconoscibili sono rappresentati da faglie che coinvolgono anche la copertura sedimentaria e sono in genere disposti secondo le direzioni NE-SO e NO-SE, lungo le quali si sono impostati i principali assi di drenaggio del versante sinistro della Valle Camonica.

3.1. DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI E DELLE UNITÀ PRESENTI

Le Formazioni affioranti nel territorio comunale di Artogne comprendono litotipi che vanno dal Permiano al Triassico inferiore e medio.

Con riferimento alla Tavola 1 (carta geolitologica), si osserva che nel primo tratto del territorio montano fino a quote superiori a 1300÷1400mslm si rinvengono esclusivamente le rocce metamorfiche rappresentate dai micascisti del Maniva (Micascisti e Paragneiss). A partire dai 1300m slm fino a 1700÷1800m di altitudine affiora la formazione del Verrucano Lombardo, mentre alle quote più elevate, nel settore orientale del territorio comunale affiorano le rocce appartenenti alle formazioni del Servino e delle Porfiriti triassiche.

Di seguito, dopo aver descritto le unità costituenti la copertura quaternaria, si presentano le formazioni affioranti, procedendo dalla più recente alla più antica, definendole in base ai loro caratteri litologici e stratigrafici e mantenendo i termini formazionali istituiti dalla cartografia del Servizio Geologico Nazionale.

3.1.1. Materiali di riporto antropico

I riporti antropici che per le dimensioni meritano di essere segnalati si trovano nel fondovalle in corrispondenza del canale idroelettrico (materiale movimentato dagli scavi per il canale stesso) e nelle zone degli insediamenti turistici di Montecampione e Plan dove derivano dagli sbancamenti e dai riporti effettuati per realizzare le piste da sci e le relative aree di servizio.

3.1.2. Depositi torbosi

Sono depositi a granulometria fine con elevato contenuto in materia organica; si trovano nelle aree in cui il lento e difficile deflusso delle acque ne favorisce il ristagno con la conseguente formazione di paludi e/o zone in condizione di saturazione. In ragione della granulometria fine e della presenza di sostanza organica questi depositi sono caratterizzati da parametri geotecnici scadenti ed elevata compressibilità.

Nel territorio comunale questi depositi sono abbastanza diffusi e si trovano con estensioni importanti nella conca del Bassinale.

3.1.3. Depositi eluvio - colluviali

I depositi eluviali sono costituiti dai materiali derivanti dall'alterazione del substrato roccioso. Si tratta di sedimenti fini, a supporto di matrice rappresentati da ciottoli e ghiaia immersi in un'abbondante frazione limoso-sabbiosa. I depositi colluviali derivano invece dal trasporto e dall'accumulo lungo i versanti, per opera della gravità, dei materiali eluviali; anche in questo caso si tratta di sedimenti prevalentemente fini a supporto di matrice.

Nella carta geolitologica, questi depositi sono rappresentati solo laddove le coltri si presentano continue e con spessore di una certa consistenza; inoltre, non è stata fatta alcuna distinzione tra depositi eluviali e colluviali che presentano lo stesso comportamento geotecnico e le medesime caratteristiche di bassa permeabilità.

3.1.4. Depositi alluvionali recenti ed attuali

I depositi alluvionali originano dagli apporti dei corsi d'acqua e consistono in depositi clastici sciolti, arrotondati o subarrotondati, che possono presentare un buon grado di addensamento, e dimensioni variabili da decimetriche a metriche; si distinguono in depositi alluvionali attuali se si trovano lungo l'alveo e recenti se costituiscono la piana alluvionale dei corsi d'acqua.

Le alluvioni attuali dell'Oglio sono costituite principalmente da ciottoli e ghiaia con massi mentre quelle presenti lungo gli alvei degli affluenti principali sono costituite soprattutto da massi e ciottoli a causa delle pendenze elevate e della forte energia della corrente. I depositi alluvionali sono meno frequenti lungo le valli secondarie, data la forte pendenza media che non favorisce i fenomeni di deposizione.

L'area industriale di Artogne è in buona parte impostata su questi materiali che furono trasportati e depositati in loco nel corso dei secoli in occasione delle periodiche piene cui è stato soggetto il fiume Oglio quando, privo di qualsiasi opera di regimazione, poteva liberamente divagare sul fondovalle. A queste bancate grossolane costituite da orizzonti di trovanti, ghiaia e ciottoli e/o ghiaia e sabbia grossolana, possono localmente intercalarsi sottili orizzonti di materiale più fine, costituiti da sabbia o sabbia debolmente limosa, legati ai fenomeni di esondazione.

Le alluvioni recenti che formano la piana di fondovalle del fiume Oglio sono caratterizzate dalla presenza di un orizzonte superficiale a granulometria fine costituito da livelli di sabbia e sabbia limosa, per uno spessore nell'ordine di 1.50÷2.50m, ai quali si possono intercalare localmente, soprattutto in prossimità del margine del conoide alluvionale della Val Vedetta, delle lenti più fini, da decantazione, costituite da sabbie limose e limi.

3.1.5. Depositi di conoide alluvionale

Sono depositi alluvionali, dalla tipica forma a ventaglio, la cui genesi è legata alla brusca diminuzione di pendenza dell'alveo allo sbocco sul fondovalle o, più genericamente, in corrispondenza di una brusca diminuzione del gradiente topografico.

Si tratta di depositi sciolti, con clasti generalmente subarrotondati le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente.

Per il carattere torrentizio dei corsi d'acqua che solcano i versanti vallivi e per le condizioni geomorfologiche dei rispettivi bacini, questi depositi sono legati più a fenomeni di trasporto in massa, sottoforma di colate, che ad un'azione trattiva della corrente.

Nel territorio comunale il principale conoide è quello del torrente Re di Artogne (su cui è impostato l'abitato di Artogne) che occupa buona parte dell'area di fondovalle e che a est si compenetra con il conoide del Valzello Pelucco (al confine comunale con Pian Camuno), a Ovest con il conoide della Val Vedetta (comune di Gianico), mentre nella porzione distale si raccorda gradualmente alle alluvioni di fondovalle.

Nel settore montano del territorio comunale sono presenti alcuni piccoli conoidi localizzati alla confluenza degli affluenti del torrente Re. In riferimento alle condizioni geologiche dei rispettivi bacini idrografici questi conoidi sono in genere quiescenti ed interessati episodicamente da fenomeni di colata o trasporto in massa; hanno tuttavia una ridotta estensione ed una scarsa evidenza morfologica a causa della forte capacità erosiva del torrente Re.

3.1.6. Depositi detritici di versante

Sono prodotti dal processo di distacco e caduta massi e ricoprono vaste aree del territorio comunale; i materiali sono frequentemente mobilizzati dall'azione delle acque meteoriche o delle acque provenienti da fusione del manto nevoso.

I coni di detrito hanno una caratteristica forma a ventaglio e sono posti allo sbocco di incisioni che indirizzano le traiettorie dei blocchi caduti dalle pareti rocciose sovrastanti; le falde di detrito sono date dalla coalescenza di più coni. Questi depositi sono contraddistinti da marcata selezione granulometrica con la frazione più grossolana alla base; gli elementi lapidei sono spigolosi.

I depositi detritici di versante sono diffusi in tutto il territorio comunale e gli accumuli più consistenti si registrano alla base delle pareti rocciose delle Porfiriti Triassiche e del Verrucano Lombardo, queste ultime originano anche i blocchi di dimensioni maggiori.

Le falde detritiche poste nella parte inferiore dei versanti sono in genere inattive o alimentate solo in modo episodico, caratterizzate dalla presenza di un orizzonte superficiale pedogenizzato e colonizzate dalla vegetazione. Depositi non colonizzati o solo parzialmente colonizzati dalla vegetazione, caratterizzati da episodi di alimentazione più frequenti e da considerare attivi o quiescenti sono invece diffusi nelle zone poste alle quote superiori.

3.1.7. Depositi glaciali e fluvioglaciali / Creste di cordoni morenici

Questa unità include i sedimenti legati all'attività deposizionale dei ghiacciai che hanno occupato il solco vallivo del fiume Oglio, le cui lingue sono penetrate lungo la valle del torrente Re, e delle piccole lingue glaciali che hanno occupato le zone poste alle quote più elevate del territorio comunale, in corrispondenza della conca del Bassinale ed alla sommità della Val Maione.

Si tratta di sedimenti formati da blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia, limo e argilla. Possono presentare supporto clastico o supporto di matrice ed i clasti sono in genere poco arrotondati. I depositi glaciali di fondo hanno una composizione granulometrica simile ai precedenti ma essendo stati depositi sotto il ghiacciaio sono caratterizzati in genere da un discreto grado di consolidazione. Questi sedimenti si ritrovano spesso sui versanti della valle dell'Oglio e lungo i versanti del torrente Re. Costituiscono in particolare i cordoni morenici ancora evidenti nella zona delle Pateghe, di S. Maurizio e dell'insediamento turistico di Montecampione, sul versante sinistro del Re, nella zona del Foppello, sul versante destro, e la serie di cordoni morenici di circo presenti nella conca del Bassinale.

In alcune aree i depositi glaciali sono stati asportati quasi completamente dall'erosione e la loro presenza è testimoniata solo da alcuni blocchi isolati costituiti da litotipi appartenenti a formazioni non affioranti nell'area.

I depositi fluvioglaciali rappresentano i sedimenti connessi al rimaneggiamento dei materiali di origine glaciale dovuti all'azione di erosione, trasporto e deposizione operata dalle acque di fusione dei ghiacci. Si tratta di depositi di materiali molto caotici ad ampio spettro granulometrico ove si possono riconoscere sabbie, sabbie limose, ghiaie, ciottoli e trovanti di diametro anche superiore al metro. Il materiale è complessivamente privo di stratificazione, ma l'insieme è marcato da livelli ove una frazione granulometrica risulta prevalente su tutte le altre; si ritrovano infatti livelli massivi di ghiaie pulite e di ghiaie e sabbie, livelli di sabbia massiva, gradata o con laminazione incrociata o parallela e sottili livelli di sabbie fini e limi a laminazione parallela.

3.1.8. Porfiriti triassiche

Queste rocce affiorano sui crinali e nella conca Bassinale, con una notevole evidenza morfologica rispetto alle rocce del Servino. Si tratta di Porfiriti quarzifere biotitiche, talora anfiboliche, che costituiscono delle masse intruse entro il Servino o il Verrucano Lombardo. I rapporti con le unità incassanti sono complessi e oltre a filoni si osservano Porfiriti compenstrate alla rocce sedimentarie e lembi di rocce del Servino che appaiono inglobati nella massa magmatica.

3.1.9. Servino

Questa formazione è rappresentata da un'alternanza irregolare di litotipi differenti: siltiti, marne, argilliti e arenarie medio-fini a stratificazione sottile, di colore rosso o verde, giallo in alterazione.

La formazione del Servino è costituita in prevalenza da litotipi poco compatti e facilmente erodibili caratterizzata in genere da un grado medio-alto di fratturazione. Gli affioramenti sono in genere limitati perché mascherati da una copertura di materiale di alterazione. Le pareti rocciose costituite da questi litotipi sono spesso interessate da fenomeni di crollo o di scivolamento ed il detrito che si trova al loro piede è quasi sempre formato da clasti di piccole dimensioni con abbondante frazione fine.

La formazione del Servino affiora nell'area nord occidentale del territorio comunale, in corrispondenza delle creste che delimitano la conca del Bassinale.

3.1.10. Verrucano Lombardo

La formazione del Verrucano Lombardo è costituita da un'alternanza di arenarie quarzoso-feldspatiche di colore rosso, da conglomerati medio-grossolani a ciottoli di quarzo, e da rocce vulcaniche e metamorfiche, immersi in matrice arenacea di colore rosso. Localmente compaiono intercalazioni di siltiti micacee di colore rosso più intenso. La stratificazione, a volte indistinta, è generalmente in grossi banchi spesso lenticolari. I litotipi che costituiscono questa formazione sono contraddistinti da una notevole compattezza e da una buona resistenza all'erosione. Nelle aree di affioramento gli ammassi rocciosi appaiono in genere da poco a mediamente fratturati e formano pareti rocciose molto alte e ripide, ai piedi delle quali si trovano depositi detritici grossolani formati in prevalenza da blocchi di dimensioni medie o grandi.

La presenza di potenti bancate di conglomerato conferisce una notevole evidenza morfologica agli affioramenti del Verrucano Lombardo, con ripidi versanti interessati alla base da estese falde detritiche talora attive. La formazione del Verrucano Lombardo costituisce la maggior parte delle creste rocciose che rappresentano lo spartiacque della valle del torrente Re di Artogne e della valle del torrente Re di Gianico.

Il contatto con il Basamento Cristallino è in genere evidenziato da una netta rottura di pendenza, coperta da una coltre detritica di versante.

Anche i settori di versante costituiti dal Verrucano Lombardo sono coinvolti nelle deformazioni gravitative che interessano i sottostanti micascisti, risentendone in modo più rigido, come evidenziato dalla presenza di ampie ed estese trincee in corrispondenza delle zone di crinale.

3.1.11. Gruppo dei Micascisti del Maniva

I Micascisti del Maniva rappresentano il basamento cristallino delle Prealpi bresciane e, in comune di Artogne, costituiscono tutta la parte inferiore e media del versante sinistro della Valle Camonica e di entrambi i versanti della valle del torrente Re.

Si tratta di rocce metamorfiche ad elementi muscovitici con biotite e subordinata clorite, di micascisti muscovitico-biotitico-cloritici a volte granatiferi oppure di micascisti muscovitici granatiferi. La scistosità risulta sempre ben evidente, da planare ad ondulata, a volte pieghettata, determinata dall'alternanza di sottili letti quarzoso-feldspatici e di letti micacei. All'interno di questa unità si trovano anche paragneiss biotitici e biotitico-cloritici o a due miche, soprattutto nella zona di fondovalle del tratto intermedio del torrente Re.

Le rocce appartenenti a questa formazione hanno risentito fortemente delle tensioni tettoniche per cui gli ammassi sono in genere molto fratturati e si rilevano spesso settori cataclasati o milonitizzati. La roccia cataclasata si presenta completamente ed intensamente fratturata, facilmente disgregabile in frammenti minuti e con un comportamento geotecnico molto debole, comparabile a quello di una terra poco coesiva. La roccia milonitizzata, oltre all'intensa fratturazione, è caratterizzata da una parziale ricristallizzazione con la comparsa di minerali di neoformazione, in particolare grafite o talco, che rendono untuose le superfici, e minerali delle argille, che rendono la compagine fortemente sensibile alle variazioni del contenuto d'acqua: dura e coerente in condizioni asciutte e plastica in condizioni umide.

Il comportamento plastico di questi ammassi, accentuato dalle condizioni di alterazione e di intensa fratturazione, è all'origine dei fenomeni franosi profondi per colata (creep profondo) che coinvolgono estesi settori del territorio comunale.

4. **INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROGRAFICO**

Dal punto di vista idrogeologico il territorio in studio è interessato da un'intensa circolazione idrica sia sotterranea che superficiale.

L'acquifero è costituito dai depositi alluvionali presenti sul fondovalle; la falda staziona mediamente a 4.00m di profondità dal piano campagna nei pressi del fiume Oglio, mentre nella zona centrale della piana si innalza fino a 2.00÷3.00m dal p.c. e diviene ancora più superficiale in prossimità del piede del versante in particolare nella zona posta al confine comunale di Gianico, in corrispondenza del limite tra i conoidi alluvionali della Val Vedetta e del torrente Re.

Nella parte centrale della piana, nei pressi del confinante comune di Gianico, prende origine sul fondovalle un corso d'acqua alimentato principalmente da acque superficiali che scorre parallelamente all'alveo dell'Oglio fino a confluirci più a valle.

L'assetto idrogeologico del settore montano è legato strettamente alla situazione stratigrafica e strutturale dei versanti ed è caratterizzato principalmente dalla sovrapposizione di rocce a permeabilità per fratturazione di grado medio, appartenenti alla formazione del Verrucano Lombardo che affiora nella parte superiore dei versanti, a rocce relativamente impermeabili rappresentate dalla formazione dei Micascisti del Maniva, che costituiscono la parte inferiore dei versanti.

Numerose sono le sorgenti presenti sul territorio comunale. Si tratta generalmente di sorgenti di contatto di cui circa 80 libere e circa 40 captate.

Le acque che si infiltrano alla sommità del versante entro le fratture del Verrucano tendono ad essere intercettate in profondità dalla superficie di contatto con i Micascisti e ad essere in buona parte portate in affioramento sui versanti in corrispondenza del limite, dando luogo ad una fascia di sorgenti ben evidente su tutti i versanti in esame, in corrispondenza della quale sono localizzate alcune delle sorgenti utilizzate dall'acquedotto comunale di Artogne (sorgenti Secondino, Fupili, Vedetta e Moie) e dall'acquedotto dell'insediamento turistico di Montecampione. Non tutte le acque sono intercettate dalla superficie di contatto Verrucano-Micascisti, ma una parte si infila più in profondità entro fratture ed orizzonti di debolezza dei micascisti e viene a giorno più a valle, in corrispondenza delle scarpate superiori o al piede delle frane per deformazione gravitativa profonda che interessano i versanti. Questa situazione idrogeologica conferma l'ipotesi che le deformazioni gravitative profonde maggiori si estendano con relativa continuità per tutta l'altezza del versante. Sorgenti situate in corrispondenza delle scarpate principali delle frane sono quelle poste nella zona di Acquebuone, S. Maurizio e le Pateghe, mentre sorgenti localizzate al piede dei fenomeni franosi sono quelle poste sul versante sinistro della Val Camonica sia tra la Val Vedetta ed il Re, nella fascia delle Plagne ed alla base del versante, sia tra la valle del Re e quella del Pelucco, alla base del versante.

Oltre ai percorsi sotterranei entro il substrato roccioso, sui versanti del settore montano si rileva anche la presenza di acquiferi porosi contenuti nei depositi superficiali, principalmente fluvioglaciali, sostenuti dal substrato roccioso o da livelli meno permeabili presenti nei depositi stessi. A questa situazione, probabilmente con sostegno del substrato roccioso, sono legate le numerose sorgenti presenti sul versante destro della valle del Re nella fascia posta a ridosso dell'orlo della forra del torrente, al contatto dei depositi morenici con la roccia.

I corsi d'acqua presenti, sono contraddistinti da una dinamicità evolutiva condizionata dal riequilibrio ancora in atto con la situazione creatasi in seguito al ritiro dei ghiacciai, quando tutti i torrenti presenti sono rimasti sospesi rispetto al fondovalle dei corsi d'acqua in cui confluiscono. Ciò favorisce la tendenza all'erosione di fondo che si manifesta con minore intensità nei tratti dove gli alvei sono impostati direttamente sul substrato roccioso ed in modo più evidente in corrispondenza dei depositi superficiali. All'erosione di fondo si associa spesso anche l'erosione laterale e scarpate di erosione sono presenti localmente lungo le sponde dei corsi d'acqua.

In virtù di tale situazione geodinamica, i fenomeni di piena sono caratterizzati da un forte trasporto solido con conseguenti fenomeni di esondazione, verificatisi in seguito a forti piene, che hanno interessato localmente gli alvei.

4.1. PERMEABILITÀ

Con riferimento alla carta idrogeologica e del sistema idrografico - scala 1:10.000 (Tavola 2), le formazioni rocciose e le unità litologiche riportate nella carta geolitologica sono state raggruppate in quattro classi di permeabilità rappresentative.

Non essendo disponibili dati ottenuti da prove specifiche di permeabilità eseguite in sito, la stima del coefficiente di permeabilità si basa sui dati geologici e geomorfologici disponibili, nonché sulle caratteristiche litologiche e granulometriche dei terreni e sulle caratteristiche fisiche delle formazioni affioranti (fratturazione, stratificazione e pendenza) osservate durante il rilevamento di campagna. La definizione delle classi di permeabilità è solo indicativa ed è stata effettuata esclusivamente in termini qualitativi:

- permeabilità elevata ($k \geq 10^{-3} m/s$),
- permeabilità da media a elevata ($10^{-5} \leq k < 10^{-3} m/s$),
- permeabilità da ridotta a media ($10^{-8} \leq k < 10^{-5} m/s$),
- permeabilità nulla o ridotta ($k < 10^{-8} m/s$).

I depositi superficiali ricadono nelle diverse classi in funzione delle loro caratteristiche granulometriche e tessiture (permeabilità primaria): nella prima classe si trovano le alluvioni recenti e attuali e i detriti di falda grossolani, alla seconda appartengono i depositi glaciali e fluvioglaciali, i depositi di conoide alluvionale, i detriti di falda colonizzati e i materiali di riporto antropico, nella terza classe ricadono i depositi eluviali e colluviali e i depositi torbosi.

Le formazioni rocciose sono caratterizzate da bassa permeabilità, in particolare sono considerati impermeabili i micascisti e paragneiss appartenenti alla Formazione dei Micascisti del Maniva e scarsamente permeabili le rocce appartenenti alle Formazioni delle Porfiriti, del Servino e del Verrucano Lombardo; in questo caso la permeabilità considerata è quella secondaria legata ai processi di fratturazione e alterazione della roccia.

4.2. RETICOLO IDROGRAFICO

Nella carta idrogeologica e del sistema idrografico, sono riportati i tracciati dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale di Artogne distinguendoli in corsi d'acqua principali e corsi d'acqua secondari.

I corsi d'acqua principali sono quelli appartenenti al reticolo idrico principale come definito nell'elenco allegato alla D.G.R. n. 7/13950 del 1 Agosto 2003 nel quale sono indicati:

- il fiume Oglio
- il torrente val Vedetta
- il torrente valle di Artogne (Re)
- il torrente valle del Corazzino
- il torrente valle Bassinale.

4.2.1. Caratteristiche dei corsi d'acqua

Il fiume Oglio, il torrente Re (a parte il tratto medio ed inferiore del conoide) e la maggior parte dei suoi affluenti sono caratterizzati da un regime perenne con portate variabili nel corso dell'anno; solo le linee di drenaggio minori, soprattutto nella parte superiore dei versanti, presentano periodi più o meno lunghi privi di deflusso o deflusso strettamente legato alle precipitazioni. Questa situazione è legata all'assetto idrogeologico dell'area con le rocce relativamente permeabili del Verrucano Lombardo poste alla sommità dei versanti e le rocce impermeabili degli scisti nella parte inferiore, per cui le acque che si infiltrano alla sommità del versante tendono a riaffiorare nella parte intermedia dando luogo a sorgenti che contribuiscono a mantenere perenne il regime anche di linee di impluvio minori.

Nella parte montana del territorio comunale, l'elemento drenante principale è il torrente Re alimentato prevalentemente da due aree di raccolta: la parte nord-orientale del bacino che convoglia tutti gli affluenti nella valle del torrente Bassinaletto e il settore sud-orientale dove sono presenti numerosi corsi d'acqua che confluiscono nel torrente della val Maione. A quota 750m slm questi due torrenti originano il torrente Re che riceve, circa 2km più a valle, anche il contributo del torrente denominato Corazzino a partire da Montecampione e val Anina nel tratto a monte dell'abitato.

Il limite orientale è caratterizzato dalla presenza della conca del Bassinale formata da depositi morenici e contornata da ripidi versanti, nelle cui parti più depresse hanno sede alcuni laghetti temporanei che si trasformano, durante il periodo estivo, in aree di ristagno superficiale a vegetazione igrofila. In quest'area non esistono canali veri e propri, ma piuttosto direttrici preferenziali di scorrimento legate al regime pluviometrico che vede la parte alta del bacino innevata per diversi mesi dell'anno e con scorrimento superficiale solo nei periodi piovosi autunnali e di fusione primaverili.

Nella zona di raccolta sud-orientale, da monte Splaza fino a monte Corniolo, il sistema drenante appare ben gerarchizzato, con numerosi segmenti fluviali ben incisi.

Le portate del torrente Re e del torrente val Vedetta (al confine con il comune di Gianico) risentono dell'intervento antropico in quanto le acque di entrambi sono derivate dal canale idroelettrico: a partire dalla derivazione le portate risultano drasticamente ridotte e sono spesso nulle per il torrente Re.

Il torrente val Vedetta nel tratto posto in corrispondenza della piana di fondovalle è stato intubato per circa 1.50km.

Il torrente Pelucco (al confine con Piancamuno), successivamente ai fenomeni di erosione e colata che lo hanno interessato negli anni sessanta, è stato oggetto di un intervento di sistemazione che ha comportato la raccolta e l'allontanamento delle acque verso l'impluvio della val Roncaglia a partire dalla parte superiore del suo corso ed è quindi caratterizzato da un regime temporaneo con deflusso solo in occasione delle precipitazioni maggiori.

L'alveo dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale è sempre naturale, caratterizzato a volte dalla presenza di opere di difesa delle sponde, e solo il torrente Re, nel tratto medio ed inferiore scorre in un alveo artificiale realizzato con fondo a scogliera e sponde rivestite in massi intasati di calcestruzzo.

I corsi d'acqua sono generalmente soggetti a fenomeni di erosione e scendono al fondo di incisioni abbastanza profonde. A parte le zone di conoide alluvionale dei corsi d'acqua maggiori, le aree sicuramente alluvionabili sono limitate a ristrette fasce poste al fondo delle incisioni, immediatamente a ridosso dell'alveo.

Per quanto riguarda il torrente Re, oltre alle fasce poste a ridosso dell'alveo lungo il tratto di forra rocciosa che costituisce il tratto medio ed inferiore, altre zone alluvionabili di estensione significativa si trovano solo in corrispondenza del conoide alluvionale, dove esiste anche la possibilità di esondazione discussa nei capitoli seguenti.

Il torrente del Valzello Pelucco viene intubato all'apice del conoide e potrebbe dar luogo ad esondazione solo per effetto delle occlusioni della vasca di sedimentazione che si potrebbe intasare con il materiale detritico movimentato nel corso della piena.

Situazione particolare si riscontra per il tratto inferiore del torrente val Vedetta, a valle del canale idroelettrico, nel settore distale del conoide e nel tratto di piana di fondovalle posto a monte della ex-SS42, dove la sezione disponibile è, in caso di piena e in assenza di derivazione da parte del canale idroelettrico, in buona parte insufficiente al deflusso della portata liquida e si ha un'ampia fascia potenzialmente alluvionabile.

Per quanto riguarda il torrente Corazzino, si riscontrano aree alluvionabili nel tratto che attraversa l'abitato di Montecampione, in prossimità di fabbricati o a causa di un intasamento delle sezioni in corrispondenza di attraversamenti stradali: si tratta di situazioni a bassa pericolosità in ragione dell'intensità relativa delle piene e della morfologia al contorno. Si rileva, inoltre, la possibile esondazione del Corazzino a quota 760m, dove il torrente potrebbe riprendere in destra un canale abbandonato.

4.3. ELEMENTI IDROGEOLOGICI

4.3.1. Sorgenti

In ragione dell'assetto idrogeologico dell'area le sorgenti sono presenti principalmente nella parte medio-inferiore del versante della Valle Camonica e della valle del Re, con una concentrazione in corrispondenza della zona di contatto litologico tra le rocce permeabili del Verrucano ed i sottostanti micascisti impermeabili. Questa struttura ad unità idrogeologiche sovrapposte lungo una superficie di contatto regolare porta ad avere numerose sorgenti a portata modesta anziché poche sorgenti caratterizzate da portate importanti.

Le sorgenti presenti nel territorio comunale sono state distinte in tre categorie in relazione al loro utilizzo:

- sorgenti captate per uso potabile
- sorgenti con opera di captazione, attualmente non utilizzate, principalmente perchè caratterizzate da basse portate oppure per difficoltà e costo di manutenzione delle opere
- sorgenti non interessate da opere di captazione.

Per sopperire alle esigenze idriche comunali, l'acquedotto utilizza anche due sorgenti situate nel territorio di Gianico, alla sommità della val Vedetta.

Nella tabella che segue sono riportate le sorgenti che servono l'acquedotto, così come individuate nello "Studio della rete idrica del comune di Artogne" a cura di Ing. Locatelli (1996).

SORGENTI UTILIZZATE DALL'ACQUEDOTTO COMUNALE			
Denominazione	Ubicazione	Quota	Portata complessiva
Sorgente "Prato Secondino"	A valle di Prato Secondino	1385mslm	2.00l/s
Sorgenti "Fupili" (3)	A monte di località Albere	1120mslm	0.70l/s
Sorgenti "val Vedetta" (2)	Comune di Gianico	950mslm	3.00l/s
Sorgente "Moie"	A monte di località Tese	1020mslm	0.20/s
Sorgente "Marochello"	Tra Marochello e Cò de Cà	750mslm	1.00l/s
Sorgenti "Abat" (2)	A monte di Plagne	510mslm	1.00l/s
Sorgente "Pidario"	Tra Piazze e Artogne	450mslm	0.30l/s
Sorgente "Acquefresche"	A monte di Plagne	390mslm	1.00l/s
Sorgente "Frigola"	Tra Piazze e Artogne	340mslm	1.00l/s
Sorgenti "Ogne" (5)	A est di Dosso Superiore	750mslm	15.00l/s
Sorgente "Fontani"	A monte di Artogne. Sinistra idrografica Re	400mslm	0.50l/s
Sorgente "San Carlo"	A monte di Acquebone	715mslm	3.00l/s
Sorgente "Bolamina"	A monte di Dosso Superiore	875mslm	0.50l/s
Sorgente "San Maurizio"	San Maurizio	1010mslm	1.00l/s
Sorgente "Aive dei Socc"	A monte di Montecampione	980mslm	1.00l/s
Sorgente "Baite"		1045mslm	

Oltre alle sorgenti utilizzate dall'acquedotto comunale, numerose sorgenti sono captate per servire acquedotti privati:

SORGENTI UTILIZZATE DA ACQUEDOTTI PRIVATI		
Denominazione	Ubicazione	Quota
Acquedotto privato "Frasanet" (2)	A monte di Marochello	570mslm
Acquedotto privato (2)	A Est di Cò de Cà	770mslm
Acquedotto privato (2)	Montecampione	1040mslm
Sorgente "Barighi" sfruttata per metà dall'acquedotto privato Alpiaz e per metà dal Comune di Gianico	Plan di Montecampione	1680mslm
Acquedotto Alpiaz "Val del Larice"	Sinistra idrografica Bassinale	1545mslm
Acquedotto Alpiaz "Prato Secondino"	Sinistra idrografica Bassinale	1200mslm
Acquedotto Alpiaz "Plagnoli"	Sinistra idrografica Bassinale	1125mslm
Acquedotto Alpiaz "Fontanù"	Sinistra idrografica Bassinale	1185mslm
Acquedotto Alpiaz "Fop de le baite"	Sinistra idrografica Bassinale	1435mslm
Acquedotto Alpiaz "Longarino"	Destra idrografica Maione	1375mslm
Acquedotto Alpiaz e consorzio cascine "Dosso della Guardia"	Sinistra idrografica Maione	1415mslm
Acquedotto Alpiaz "Paghera"	Destra idrografica val Anina	1200mslm

4.3.2. Zone di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile

La carta idrogeologica e del sistema idrografico - scala 1:10.000 riporta le aree di rispetto delle sorgenti captate a scopo idropotabile del territorio comunale e dei comuni limitrofi che ricadono all'interno del territorio del comune in esame, ai sensi del d.lgs. 258/2000 e del D.G.R. 27/06/1996 n. 6/15137.

Per ogni opera di captazione utilizzata a scopo potabile la zona di rispetto è stata delimitata secondo il criterio geometrico che prevede la definizione della porzione di territorio racchiusa entro un cerchio di raggio 200m con centro nel punto di captazione estesa idrogeologicamente a monte dell'opera di presa e delimitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazione stessa.

4.3.3. Zone di ristagno superficiale

Sono aree generalmente poco estese, caratterizzate dalla presenza di acque meteoriche o affioramenti di acque sotterranee, a causa della presenza di sedimenti fini a scarsa permeabilità o alla conformazione topografica dei siti (piccole depressioni) o all'affioramento delle rocce di substrato.

Le zone acquitrinose compaiono soprattutto nelle zone più elevate del territorio comunale e in particolare nella conca glaciale del Bassinale, nelle località di Pateghe e di S. Maurizio.

Tra le altre aree di ristagno superficiale d'acqua si segnalano quelle delle zone di Acquebone, Dosso dei Guelfi e Plagna.

4.3.4. Possibile disalveamento

Per quanto riguarda il torrente Re, le principali criticità si riscontrano in corrispondenza del vecchio ponte per Acquebone (che verrà abbattuto una volta terminato il nuovo ponte), in corrispondenza dell'attraversamento del canale Terni, dove il torrente Re risulta tuttora pensile (perchè la presenza del canale ha impedito l'approfondimento della sezione come invece è stato fatto più a valle) e in corrispondenza del ponte della linea ferroviaria dove l'opera provoca un significativo ostacolo al deflusso.

Il torrente del Valzello Pelucco potrebbe dar luogo ad esondazione all'apice del suo conoide per effetto delle occlusioni della vasca di sedimentazione che si potrebbe intasare con il materiale detritico movimentato nel corso della piena.

Situazioni a bassa pericolosità in ragione dell'intensità relativa delle piene e della morfologia al contorno si riscontrano lungo il torrente Corazzino nel tratto che attraversa l'abitato di Montecampione laddove i fabbricati a ridosso dell'alveo o gli attraversamenti stradali possono provocare esondazioni di importanza modesta. Più a valle dell'abitato la possibile esondazione del torrente potrebbe provocare la riattivazione di un canale abbandonato posto in destra idrografica a quota 760mslm, come riportato sulla carta geomorfologica – scala 1:10000.

4.4. FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

4.4.1. Area interessata da ruscellamento diffuso

Lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche non incanalate determina l'asportazione delle particelle del terreno e la rimozione della copertura vegetale in aree contraddistinte da una relativa acclività e da una copertura di depositi superficiali sciolti o poco coerenti. In alcuni casi le forme di ruscellamento si sono sviluppate come evoluzione di manifestazioni meno accentuate legate a fenomeni di creep o di soliflusso.

Queste forme sono diffuse generalmente nelle zone poste alle quote più elevate, dove sono favorite dalla presenza di terreni fini eluviali e dalle condizioni climatiche. Sono inoltre abbastanza diffuse lungo i tracciati delle piste da sci, nei tratti più ripidi e posti a quote più elevate dove, in alcuni casi, si sono evolute verso forme di ruscellamento concentrato.

4.4.2. Solchi di ruscellamento concentrato / Alveo con tendenza all'approfondimento

I solchi di ruscellamento, sono fenomeni erosivi legati all'azione delle acque di scorrimento superficiale che tendono a concentrarsi lungo linee preferenziali.

Queste forme erosive sono abbastanza diffuse nell'area in esame, soprattutto associate alle altre forme di degradazione che si sviluppano ai margini delle zone coinvolte nei fenomeni franosi. In alcuni casi solchi di ruscellamento concentrato sono legati ad interventi antropici che hanno modificato le condizioni di deflusso originario dei siti; si citano ad esempio, la realizzazione delle strade Acquebuone-Montecampione e Montecampione-Plan (Bassinale).

A causa della passata storia glaciale ed al conseguente approfondimento della valle principale che ha modificato il livello locale dell'erosione di base, la maggior parte dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale di Artogne manifesta la tendenza all'approfondimento del proprio alveo.

Nel fondovalle la dinamica fluviale risente pesantemente degli interventi antropici e gli alvei sono meno soggetti all'approfondimento, anche se il fiume Oglio manifesta una certa tendenza all'erosione di fondo denunciata dallo scalzamento alla base di alcune opere lungo il suo corso e dall'abbassamento della quota del fondo rispetto alla quota delle sponde.

Tutto il corso medio e superiore del torrente Re, salvo pochi tratti meno acclivi sostenuti da soglie rocciose o artificiali (briglie), è soggetto all'erosione di fondo con intensità varia. Questa situazione si riscontra lungo tutti i suoi affluenti ed in particolare lungo il torrente Corazzino e lungo la valle dell'Inferno.

Lungo buona parte del corso del torrente Re e di molti corsi d'acqua secondari, l'approfondimento del fondo, accompagnato all'erosione lungo la base delle sponde, ha determinato l'innescio di fenomeni di frana per rimozione di sostegno al piede. Le dimensioni delle frane variano da fenomeni gravitativi profondi lungo i fianchi del torrente Re a piccole forme lungo le linee di impluvio secondarie, spesso impostate sui corpi di frana maggiori.

4.4.3. Alveo inciso

In ragione della forte pendenza media e della tendenza all'erosione che li caratterizza, quasi tutti i corsi d'acqua presenti nell'ambito del territorio comunale di Artogne hanno un alveo ben inciso rispetto alle zone circostanti.

Nell'area montana del territorio comunale, situazioni con alveo poco inciso si trovano nei pochi tratti pianeggianti presenti; a questo proposito, si segnala un tratto del torrente Corazzino alla quota di circa 770-760mslm, dove l'alveo è poco inciso rispetto alla sponda destra, parallelamente alla quale si sviluppa un canale laterale. Il canale è stato attivo fino agli anni ottanta, quando

sono state realizzate delle gabbionate lungo la sponda destra per non permetterne la riattivazione; in caso di deposizione di materiale in alveo, possibile dati i fenomeni erosivi a monte, le gabbionate potrebbero essere sormontate ed il canale in destra riattivato.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua presenti sul fondovalle, l'alveo del fiume Oglio è relativamente inciso, con il fondo posto mediamente ad una quota inferiore di circa 4m rispetto alla piana circostante.

Nel settore superiore del proprio conoide l'alveo del torrente Re è ben inciso nei propri depositi mentre nel settore intermedio l'alveo è artificiale. In passato, in questo tratto, a causa della forte tendenza alla deposizione di materiale da parte del torrente nel corso delle piene maggiori, il fondo dell'alveo si trovava ad una quota analoga a quella della piana circostante e l'alveo risultava contenuto da un'imponente arginatura costituita da un rilevato in terra sormontato da muri in pietra e calcestruzzo. Per risolvere il problema del sovralluvionamento dell'alveo sono stati realizzati dei lavori che comprendono tra l'altro, l'abbassamento del fondo alveo.

Attualmente, all'interno del rilevato d'argine, il torrente scorre in un canale di sezione regolare e con fondo a scogliera e sponde rivestite di massi e calcestruzzo.

4.4.4. Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia

Si tratta di forme generate dall'azione erosiva esercitata dai corsi d'acqua nei confronti delle sponde degli alvei.

Erosione laterale legata sostanzialmente alla migrazione laterale dell'asse della corrente caratterizza i corsi d'acqua presenti nella zona di fondovalle, dove scarpate d'erosione laterale attiva o quiescente sono presenti lungo tutto il tratto del fiume Oglio e nel tratto medio-superiore del conoide del torrente Re, dove le sponde sono prive di opere di protezione.

Nel settore montano i corsi d'acqua sono spesso caratterizzati da pendenze elevate e l'erosione laterale è sempre accompagnata all'erosione di fondo, questi fenomeni assumono una certa evidenza in corrispondenza dei tratti impostati in depositi superficiali o in roccia molto fratturata, cataclasata o milonitizzata.

4.4.5. Orlo di forra rocciosa

È la profonda incisione in roccia creata dai corsi d'acqua nel tratto che raccorda il fondovalle con le valli trasversali sospese.

Il tratto inferiore della valle del torrente Re di Artogne è una forra sviluppatasi nella formazione dei Micascisti del Maniva per erosione di fondo regressiva in seguito al ritiro dei ghiacci, quando il fondo della valle del Re è rimasto sospeso, impostato ad una quota superiore rispetto al fondovalle del fiume Oglio a causa della maggiore capacità erosiva della lingua glaciale in corrispondenza del solco della Valle Camonica. La forra del torrente Re è una forma da considerare quiescente in riferimento alla tendenza all'approfondimento dell'alveo tuttora attiva.

4.4.6. Alveo ingombro da materiale alluvionale e detritico

L'alveo di alcuni corsi d'acqua risulta a tratti ingombro da materiale sciolto che in alcuni casi è costituito dal materiale alluvionale deposto nei tratti a minor pendenza durante la fase calante delle piene, mentre in altri casi è rappresentato dal materiale detritico proveniente dai fenomeni di degradazione e di frana che interessano i fianchi degli impluvi.

Materiale detritico è presente soprattutto lungo il corso del torrente Re di Artogne sia nel tratto medio-inferiore, all'altezza delle località di Marochello ed Acquebuone, sia lungo i tratti inferiori dei rami della Val Bassinaletto e della Val Maione. Tratti di alveo ingombro da materiale si ritrovano anche lungo il corso inferiore della Val Mezzana e nel tratto intermedio della Valle dell'Inferno. In tutti questi tratti il materiale presente in alveo deriva principalmente da fenomeni franosi e di colata che interessano i versanti. Nel caso della frana di crollo di Marochello l'accumulo dei grossi blocchi rocciosi al fondo dell'alveo ne ha provocato un'ostruzione locale che ha favorito la deposizione di materiale alluvionale a monte, annegando le briglie presenti.

4.5. OPERE DI DIFESA ED ALTRI ELEMENTI ANTROPICI

4.5.1. Canale idroelettrico

Il canale idroelettrico scorre alla base del versante sinistro della valle Camonica convogliando parte delle acque del fiume Oglio e le acque di gran parte dei suoi affluenti posti in sinistra idrografica, tra i quali il torrente val Vedetta ed il torrente Re di Artogne. L'opera di derivazione della val Vedetta si trova nella parte inferiore del conoide, nel territorio di Gianico, mentre quella del torrente Re si trova nella parte medio-alta del conoide, poco a valle della strada Artogne-Pian Camuno.

Il canale idroelettrico è realizzato in calcestruzzo con una sezione trapezia, scoperto per gran parte del territorio comunale e solo per brevi tratti coperto o in galleria. Si trova in trincea per buona parte del tracciato salvo una parte del tratto compreso tra la Val Vedetta ed Artogne, dove si trova a mezzacosta, in rilevato rispetto alle zone poste a valle.

4.5.2. Opere di derivazione, condotta idroelettrica interrata e condotta forzata

Una parte delle acque dei corsi d'acqua presenti nell'area occidentale del territorio comunale è derivata a fini idroelettrici e serve la centrale idroelettrica situata in sponda sinistra nella zona apicale del torrente Re, subito a monte dell'abitato di Artogne.

Le opere di derivazione da cui partono le condotte interrate si trovano sul torrente val Maione e sul torrente Re, rispettivamente a quota 950mslm e 650mslm. La centrale è servita da una condotta forzata con salto massimo di 600m.

4.5.3. Vasca di sedimentazione

Una piccola vasca di sedimentazione è stata realizzata all'apice del conoide del torrente Pelucco, per evitare la possibilità di intasamento del tratto inferiore del corso d'acqua, costituito da un tubo interrato che porta le acque del torrente Pelucco verso il torrente Re. La capacità della vasca si è rilevata insufficiente nel 2001 quando l'acqua ed il materiale in carico sono usciti dalla vasca ed hanno proseguito verso i prati e le abitazioni situate a valle.

4.5.4. Canale opifici

Questa voce indica il canale artificiale che serviva le fucine ed i mulini presenti in passato nell'abitato di Artogne. Questo canale deriva le acque del torrente Re all'apice del conoide, e scorre verso valle in direzione parallela ad esso attraversando l'abitato di Artogne e conflueno nel fosso che scorre sul fondovalle raccogliendo anche le acque della Val Vedetta.

4.5.5. Serbatoi, acquedotto comunale

Sulla carta idrogeologica e del sistema idrografico (Tavola 2), sono riportati i serbatoi ed il tracciato dell'acquedotto comunale, così come riportato nello "Studio della rete idrica del comune di Artogne" a cura di Ing. Locatelli (1996). È stata riportata, inoltre, la rete dell'acquedotto privato "Alpiaz" che serve principalmente l'insediamento turistico di Montecampione.

4.5.6. Rete fognaria depuratore, scarichi fognari

La rete fognaria del comune di Artogne fa capo al collettore consortile della valle Camonica.

La rete fognaria privata dell'insediamento di Montecampione fa capo ad un depuratore che raccoglie acque bianche e nere, situato nei pressi di S. Maurizio, e che scarica alla sommità della valle dell'Inferno. L'insediamento turistico di Plan di Montecampione fa capo, invece, ad un depuratore posto poco a valle dell'insediamento, che scarica nella val Bassinaletto.

4.5.7. Fossi di drenaggio artificiale

Nelle zone caratterizzate da diffusi punti di affioramento di acque sotterranee e dalla tendenza delle acque a ristagnare in superficie, sono stati realizzati dei piccoli fossi di drenaggio, in genere di sezione rettangolare o trapezia non superiore a 0.25m², per allontanare le acque convogliandole entro gli impluvi adiacenti e consentire di utilizzare i terreni drenati per la produzione di foraggio.

4.5.8. Gabbioni

Nel territorio comunale di Artogne i gabbioni sono stati utilizzati principalmente per la realizzazione di opere di difesa di sponda o di arginature e come opere di sostegno alla base di scarpate di frana o in degradazione. Sulla carta idrogeologica e del sistema idrografico - scala 1:10.000 (Tavola 2), sono stati distinti in funzione dello stato di integrità della struttura dei gabbioni e dell'esistenza di un'eventuale scalzamento alla base.

In particolare, oltre a numerosi altri interventi, i gabbioni sono stati utilizzati per realizzare le briglie presenti nella parte inferiore del corso del torrente Pelucco (poco a monte della zona apicale del conoide), alcuni tratti di sponda del torrente Corazzino (soprattutto nella zona di Montecampione), e alcuni tratti dell'arginatura nella zona medio-superiore del conoide del torrente Re.

4.5.9. Scogliere

Questa voce raggruppa tutte le opere longitudinali costituite da grossi massi o blocchi di pietra, disposti sia secco sia intasati, realizzate allo scopo di proteggere le sponde dall'erosione cercando di fissare la linea di sponda, evitandone lo scalzamento e l'arretramento.

Sono state distinte le opere integre da quelle che presentano lesioni dovute allo scalzamento al piede o altre lesioni dell'opera. Tratti di scogliera sono presenti localmente lungo il torrente Corazzino (nella zona di Montecampione), lungo il torrente Bassinale (nella zona di Plan di Montecampione), lungo il torrente Re (a monte del ponte della strada Artogne-Pian Camuno) e lungo entrambe le sponde dell'Oglio.

4.5.10. Muri di sponda

Sono opere longitudinali di protezione delle sponde realizzate a vari scopi: per proteggere le sponde dall'erosione, per arginare gli eventi di piena o per limitare gli spazi occupati dai corsi d'acqua a causa della presenza di manufatti antropici, quali abitazioni o strade (per le quali funge anche da sostegno).

4.5.11. Briglie

Le briglie sono opere di consolidamento dei corsi d'acqua finalizzate a ridurre la tendenza all'erosione di fondo. Sono opere idrauliche trasversali, col coronamento più alto rispetto al fondo dell'alveo che, introducendo salti di fondo, consentono di diminuire la pendenza e quindi la capacità erosiva della corrente, per i tratti posti a monte di esse e di stabilizzare allo stesso tempo le sponde con la creazione di un sostegno al piede.

I corsi d'acqua del territorio montano di Artogne, sia per depositi al fondo che per erosioni di sponde alluvionali, mantengono attiva una considerevole produzione di congerie; per fronteggiarla è stato realizzato un notevole sistema di briglie lungo il torrente Re a partire dalla confluenza tra il ramo della val Maione ed il ramo del Bassinaletto, sia lungo il tratto della forra sia lungo il conoide: le briglie presenti lungo la forra sono in buona parte sovralluvionate a monte e fortemente scalzate a valle e talora completamente distrutte.

Nel reticolo a monte, gli interventi sono più saltuari, ad esclusione della val Corazzino dove sono state costruite numerose briglie, realizzate sia in muratura sia mediante gabbionate. Briglie realizzate in gabbioni sono presenti lungo il corso del torrente Pelucco, in buono stato di conservazione anche perché dopo la loro realizzazione le acque del torrente sono state derivate e riversate, mediante condotta, nell'adiacente Val Roncaglia.

4.5.12. Rilevato d'argine e sponde e alveo rivestiti in pietre

La tendenza alla deposizione di materiale in occasione delle piene maggiori che caratterizza il tratto terminale del torrente Re, ha portato col tempo ad un progressivo innalzamento del fondo alveo; in questo tratto l'alveo è stato pensile con fondo situato ad una quota superiore rispetto alle zone circostanti fino alla sistemazione realizzata negli anni novanta. Prima dell'intervento, consistente nello scavo del fondo alveo e l'artificializzazione della sezione, le esondazioni del torrente venivano contrastate mediante la realizzazione di argini in terra sormontati da muri. Attualmente, all'interno del rilevato arginale il torrente scorre in un canale artificiale con fondo e sponde rivestite in massi di medie dimensioni.

4.5.13. Fasce fluviali del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI)

Lo studio relativo al PAI prevede le seguenti Fasce Fluviali già riportate alla scala 1:5000 nello studio geologico precedente:

- Fascia di deflusso di piena (A): rappresenta la fascia di deflusso della piena di riferimento in grado di consentire il transito dell'80% della massima piena stimata per un tempo di ritorno di 200 anni; per il tratto in esame corrisponde all'alveo attuale del fiume Oglio.
- Fascia di esondazione (B): esterna alla precedente e interessata da inondazione in relazione alla piena di riferimento (TR 200 anni).
- Area di inondazione per piena catastrofica (C): rappresenta la fascia di esondazione per piena catastrofica e comprende quasi tutta la piana di fondovalle; il limite esterno della fascia C è stato fatto coincidere con l'orlo della scarpata di erosione che separa il conoide del torrente Re di Artogne dalla piana del fiume Oglio.

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nella Carta Geomorfologica di inquadramento sono rappresentate le forme fisiche del territorio comunale derivanti dai vari agenti morfologici la cui attività è determinata sia da fattori geologici, relativi alle condizioni litologiche e strutturali dei materiali coinvolti, sia da fattori climatici che possono accentuare di volta in volta l'importanza relativa di ciascun agente.

La carta è stata redatta sulla base di rilievi di campagna e sulla base degli studi geologici precedenti disponibili. In particolare, per quanto riguarda l'individuazione e la definizione dello stato di attività dei fenomeni franosi si è fatto riferimento a:

- Studi geologici precedenti a cura del Dott. Geol. Fabio Alberti dello studio associato Geo.Te.C
- Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia: Inventario dei fenomeni franosi
- Interpretazione geologica dei dati ottenuti dalla interferometria SAR con la tecnica PS relativamente a fenomeni franosi e di subsidenza – Provincia di Brescia Protezione Civile.

Gli elementi morfologici individuati sono stati suddivisi in funzione del principale agente che li ha generati riconoscendo forme legate principalmente all'azione della gravità, forme legate all'azione delle acque di dilavamento non incanalate e delle acque incanalate (forme fluviali) e forme legate all'attività delle acque in condizioni climatiche particolari, come le forme glaciali.

I vari elementi morfologici sono stati distinti tra loro in funzione dello stato di attività in tre categorie:

- a) inattive: forme e depositi legati a condizioni morfodinamiche e climatiche differenti da quelle attuali e a processi che hanno portato a termine la loro evoluzione o che non possono più continuare ad evolversi;
- b) quiescenti: forme e depositi che, non avendo esaurito la propria evoluzione, possono riattivarsi, per i quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di attività nell'attuale sistema morfoclimatico;
- c) attive: le forme ed i depositi legati a processi in atto o ricorrenti in tempi brevi.

5.1. QUADRO GEOMORFOLOGICO LOCALE

Il territorio del comune di Artogne comprende tre settori morfologicamente distinti rappresentati da:

- il settore della piana di fondovalle del fiume Oglio e dei conoidi alluvionali dei corsi d'acqua laterali;
- il settore del versante sinistro della Val Camonica;
- il settore del bacino idrografico del torrente Re di Artogne.

L'assetto morfologico di questo territorio è definito e condizionato da tre fattori principali: le caratteristiche litologiche e strutturali del substrato roccioso, l'azione modellatrice esercitata in passato dai ghiacciai e, successivamente al loro ritiro, la sovrapposizione alle forme glaciali dell'azione modellatrice della gravità e delle acque superficiali.

Le caratteristiche litologiche e strutturali del substrato hanno condizionato strettamente l'assetto e l'evoluzione sia del versante della Val Camonica sia della valle del Re di Artogne, con la presenza di unità rocciose a diverso comportamento meccanico complicata da deformazioni di origine tettonica.

L'azione glaciale è evidente sia con forme di deposito sia con forme erosive, soprattutto nel settore superiore della valle del Re, che è stata sede di un piccolo circo glaciale, ed è proprio l'attività erosiva del ghiacciaio che ha esercitato una diretta influenza sulla dinamica morfologica dei versanti, a causa della rimozione di sostegno al piede seguita al suo ritiro e dell'innesco di estesi

fenomeni di deformazione gravitativa profonda, presenti sia sul versante della Val Camonica sia sui versanti della valle del Re e favoriti dalla natura litologica e dall'assetto strutturale.

La successiva attività di erosione da parte delle acque superficiali ha accentuato ed accelerato in generale i fenomeni gravitativi che sono tuttora in evoluzione. La presenza di zone di rilascio tensionale alla base ed ai fianchi dei corpi di frana maggiori, spesso anche in corrispondenza della scarpata principale o delle scarpate secondarie e dei fianchi che delimitano i vari settori, favoriscono inoltre l'insorgere di una serie di fenomeni minori di degradazione o di frana. Si hanno infatti forme di erosione da ruscellamento diffuso o concentrato o frane di diversa tipologia in ragione della struttura locale dell'ammasso roccioso o dei terreni, con fenomeni franosi per colata e scivolamento in terra e fenomeni di crollo, scorrimento e ribaltamento negli ammassi rocciosi fratturati.

Di seguito vengono descritte le voci utilizzate nella legenda della carta geomorfologica di inquadramento alla scala 1:10.000, relativa a tutto il territorio comunale, e nella carta della dinamica geomorfologica alla scala 1:5.000 e 1:2.000, relativa alle zone di fondovalle, e viene fornita un'interpretazione dei processi morfogenetici principali in relazione alla dinamica dei diversi settori.

5.2. FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITÀ

5.2.1. Trincea

L'esistenza di fenomeni franosi, in particolare di fenomeni gravitativi profondi, è spesso evidenziata dalla presenza di trincee: depressioni allungate secondo la disposizione delle fratture di trazione che separano il corpo franoso rispetto alla parte di versante stabile o che separano i vari settori in cui è suddiviso un corpo di frana.

Trincee legate alle fessure di trazione sono presenti nella zona di Montecampione e nella zona di Prato Secondino, ma l'evidenza maggiore si ha alla sommità del versante destro, dove una trincea si sviluppa con continuità, determinando uno sdoppiamento della linea di cresta lungo la linea Corno Torricella-Dosso Bassinale. La trincea presente in questo ultimo settore è sicuramente legata ad un movimento di deformazione gravitativa profonda che interessa il versante della valle adiacente del torrente Re di Gianico mentre meno evidenti sono, in alcuni tratti, le evidenze di movimento del versante della valle del Re.

Lo stato di attività di queste forme non è in molti casi valutabile sulla base di evidenze morfologiche dirette e sarebbe necessario un controllo protratto nel tempo.

5.2.2. Contropendenza

Queste forme corrispondono in genere alle fessure di trazione che segnano il limite superiore o la separazione tra i vari settori dei corpi di frana, ed assumono un'evidenza maggiore quando il corpo di frana ha subito una deformazione con una componente di rotazione.

Sono evidenti soprattutto nella zona di Prato Secondino, dove è presente una serie di contropendenze successive che danno al versante un aspetto a gradini legati ai singoli settori in cui è scomposto il corpo di frana per espansione laterale che interessa l'intero versante.

5.2.3. Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana

I fenomeni franosi sono rappresentati dai movimenti di masse di terra o di roccia formanti un pendio che avvengono verso il basso e verso l'esterno del pendio stesso. L'orlo di scarpata di frana rappresenta l'estremo superiore della superficie creatasi entro il versante interessato da un fenomeno franoso, la nicchia di frana rappresenta la superficie di distacco delle masse interessate dal fenomeno, infine, il corpo di frana rappresenta la parte di versante interessata dal movimento.

Nella Carta Geomorfologica sono indicati gli orli di scarpata che presentano una larghezza superiore ai 10m, legati a fenomeni di scorrimento, planare o rotazionale, di colata, espansione laterale o alle frane complesse.

Le forme legate a fenomeni di crollo o ribaltamento in roccia sono state invece inserite in un'apposita voce della legenda.

5.2.4. Corpo di frana superficiale

Con questa voce sono stati indicati i corpi di frana riferiti a movimenti superficiali, che coinvolgono uno spessore di materiale indicativamente inferiore ad una ventina di metri ed in genere di pochi metri.

I fenomeni franosi per scivolamento o colata non profondi sono spesso associati alle zone di rilascio tensionale e di svincolo dei corpi di frana per deformazioni profonde, ma vi sono anche diffusi fenomeni legati a situazioni indipendenti dalle forme maggiori. Principalmente si tratta di frane di scivolamento o colata presenti localmente sui tratti più acclivi dei versanti o lungo i fianchi delle incisioni minori, in corrispondenza dei depositi glaciali o di depositi eluviali o colluviali caratterizzati da granulometria fine. Si tratta in genere di forme di scivolamento che evolvono in colata, generate in seguito a piogge intense o prolungate, che portano allo scivolamento degli orizzonti di alterazione dei depositi superficiali o dell'intera copertura del substrato.

In alcuni casi si tratta di fenomeni franosi sviluppatasi direttamente a partire dall'erosione al piede dei fianchi delle incisioni dei corsi d'acqua. A questo riguardo si ricordano i tratti di scarpata di degradazione, in buona parte quiescenti, presenti alla base del fianco destro dell'incisione del torrente Re nel tratto compreso tra la zona di Marochello ed il ramo della Val Bassinaletto ed in particolare la ripida scarpata di degradazione della frana del Mangiarino, situata nei pressi della località Tese, e sviluppatasi a partire da un solco di erosione concentrata entro la potente coltre di depositi fluvioglaciali e glaciali che ricopre il substrato.

5.2.5. Corpo di frana profonda

Con questa voce sono stati indicati i corpi di frana riferiti a movimenti profondi, che coinvolgono uno spessore di materiale indicativamente superiore ad una ventina di metri.

Nel territorio comunale di Artogne questi fenomeni sono particolarmente diffusi a causa della natura litologica delle formazioni presenti, dell'assetto stratigrafico e tettonico e della situazione morfologica d'insieme, in particolare:

- presenza di rocce a comportamento plastico e viscoso, ovvero che tendono a deformarsi senza arrivare a rotture di tipo rigido e che si deformano in modo prolungato nel tempo come sono i litotipi appartenenti alla formazione dei Micascisti del Maniva posti nella parte inferiore e media dei versanti;
- presenza di lineamenti tettonici ai quali sono associate fasce di ammasso roccioso cataclasate o milonitizzate che costituiscono degli elementi di relativa debolezza nell'ambito del substrato;
- evoluzione morfologica caratterizzata da una presenza passata dei ghiacciai lungo il solco della Val Camonica e della valle del torrente Re di Artogne che ha comportato pressioni al fondo sui fianchi e, al momento del ritiro, una rimozione di sostegno al piede per erosione del fondo e dei fianchi vallivi e, per la valle del torrente Re, rimasta sospesa al momento del ritiro, l'inizio di una fase di intensa erosione lineare da parte del torrente con creazione di una forra e ulteriore rimozione di sostegno al piede dei versanti.

Queste condizioni hanno determinato l'innescò di estesi movimenti franosi profondi di versante che interessano a vari livelli il substrato roccioso. Le profondità delle superfici di scorrimento si presume arrivino fino a 150÷200 m.

Principalmente si tratta di fenomeni di colata (o flusso o creep) in roccia, noti in letteratura come deformazioni gravitative profonde di versante (DPGV), e sono legati ad un comportamento degli ammassi rocciosi di tipo viscoso con deformazione che comporta un movimento distribuito su più superfici di scorrimento in genere coincidenti con le linee di debolezza di tipo litologico, scistosità o variazioni di composizione, o soprattutto di tipo tettonico, fasce cataclasate o milonitizzate.

La deformazione è limitata dove l'ammasso roccioso è contenuto lateralmente, mentre è maggiore dove manca il contenimento e si ha rilascio tensionale, come avviene al piede degli ammassi in frana.

La forma di questi fenomeni franosi è complessa, con movimenti che interessano spesso l'intero versante, dalla base alla sommità e con una suddivisione del corpo di frana in un mosaico di settori a diverso grado di deformazione e attività. La suddivisione in corpi minori si rileva in senso longitudinale e trasversale al corpo di frana, ma anche nel senso dello spessore, con movimento differenziale tra copertura superficiale e substrato o all'interno dello stesso substrato in relazione al diverso grado di fratturazione e di alterazione.

I fenomeni franosi maggiori si estendono fino alla sommità del versante ed in alcuni settori viene coinvolta, oltre alla formazione dei Micascisti del Maniva, anche la soprastante unità del Verrucano Lombardo, costituita prevalentemente da rocce a comportamento rigido. Il Verrucano Lombardo tende infatti a fratturarsi piuttosto che a deformarsi plasticamente come i Micascisti ed il movimento franoso è conseguentemente più complesso ed assume il carattere di un espandimento laterale, con il Verrucano Lombardo interessato da deformazioni rigide connesse alla sottostante deformazione plastica dei Micascisti.

La velocità di deformazione di questi fenomeni è, nel complesso, generalmente lenta, inoltre, le conoscenze attuali consentono solo di avanzare delle ipotesi sulle modalità di movimento. Alcuni fenomeni franosi, o almeno alcuni settori di essi, sono caratterizzati da movimenti continui sia pure con variazioni di velocità, come risulta dalle osservazioni delle immagini radar da satellite, mentre altri fenomeni sembrano caratterizzati da un'alternanza di periodi di stasi, anche lunghi, seguiti da periodi brevi di attività. I periodi di attività o comunque le variazioni della velocità di deformazione sono legati alle modificazioni temporali dello stato tensionale, indotte da diverse cause:

- per l'evoluzione dei fenomeni stessi e per l'attività dei fenomeni erosivi e franosi minori, che portano ad una modificazione della geometria del versante;
- per le variazioni del grado di saturazione e del regime delle pressioni dell'acqua nei terreni e negli ammassi rocciosi;
- per le variazioni della resistenza al taglio di terreni e rocce connesse a fenomeni di alterazione e soprattutto a variazioni del contenuto d'acqua.

La dinamica di questi fenomeni è pertanto direttamente condizionata dall'andamento delle precipitazioni e subisce delle accelerazioni o delle riattivazioni in occasione di periodi di forti precipitazioni.

Il grado di attività dei fenomeni è stato valutato sia sulla base delle osservazioni di campagna, sia sulla base dei dati resi disponibili dalle rilevazioni da satellite.

Versante sinistro Valle del Re

Sulla base dei dati di campagna è stata pertanto considerata come attiva una serie di fenomeni franosi per i quali è stata riscontrata un'attività di degradazione pressoché continua negli ultimi anni: questi fenomeni sono situati soprattutto alla base del versante sinistro della valle del Re, nella zona a valle di Acquebuone, Cà de Gos, Roncasello, Moliner e delle Pateghe.

Sulla base di quanto riportato nell' "Interpretazione geologica dei dati ottenuti dalla interferometria SAR con la tecnica PS relativamente a fenomeni franosi e di subsidenza" redatto dal Prof. Geol. G. Savazzi per la Provincia di Brescia - Settore Protezione Civile, sono state segnalate due aree critiche contrassegnate dai numeri 17 e 18, situate rispettivamente nella zona di Acquebuone e poco a monte della centrale di Artogne, sulla strada per Acquebuone.

Si riporta dallo studio in oggetto: *“Queste aree critiche sono caratterizzate da PS con valori di velocità di abbassamento relativamente elevati: mediamente -13,92 mm/anno per l'area 13; mediamente -19,52 mm/anno l'area 14; mediamente -14,02 mm/anno per l'area 17; mediamente -9,71mm/anno per l'area 18. Tutti i PS hanno coerenza elevata. In molti casi (aree critiche 13,17 e 18) i PS si materializzano su edifici realizzati o ampliati appena prima dell'inizio della rilevazione interferometrica. Il movimento, pertanto, per analogia con i modelli interpretativi sviluppati nella presente ricerca, può essere causato da deformazioni strutturali o fondazionali. I valori di velocità relativa di movimento sono però molto più elevati di quelli statisticamente attribuibili ad un movimento puntuale. Non è escluso che tali valori “anomali” di velocità possano derivare da un “effetto di bordo” dei PS, rispetto all'area di rilevamento del DataSet.”*

Per quanto attiene il primo caso (Acquebone - codice area critica 17) il rilievo interferometrico è stato fatto su 5 punti (PS) critici localizzati su edifici rurali relativamente antichi ed altri, più recenti, costruiti tra il 1980 e il 1993.

Si riportano, di seguito, le osservazioni ed i commenti dello studio in oggetto *“Questa area critica è situata al margine superiore (sommità) della zona con indizi di movimento superficiale e profondo, evidenziati nelle foto 5, 6, 7 e 8. Sul terreno non sono state riscontrate deformazioni significative negli edifici. Pertanto, si ritiene probabile un movimento dovuto a deformazione strutturale degli edifici (similmente a quanto riscontrato nei centri abitati con costruzioni relativamente antiche). Tuttavia, analogamente alle aree critiche 13 e 14, l'elevata velocità di movimento, in relazione al contesto geologico circostante, lascia presumere una possibile concausa gravitativa, profonda”.*

Si condividono in toto le osservazioni dello studio per cui l'area dell'abitato di Acquebone è stata classificata corpo di frana profonda quiescente con evidenze di riattivazione recente; le aree a valle dell'abitato, a valle di Cà de Gos, Roncasello, Moliner e a valle delle Pateghe sono state invece considerate attive; tali aree hanno evidenziato segni di movimento anche in occasione dei periodi di forti precipitazioni verificatisi negli anni 2000 e 2002 che hanno portato:

- alla riattivazione ed all'insorgere di nuovi fenomeni franosi per scivolamento e colata alla base del versante in corrispondenza della scarpata dell'incisione del Re (lungo tutto il settore a valle del Baitello, di Acquebuone, di Cà de Gos e del Moliner), tra le quali le frane Carasini e Baitello, già attive nel 1960 (in particolare la seconda delle due, che aveva portato all'abbandono delle abitazioni presenti);
- alla comparsa di lesioni nei manufatti e nei fabbricati in corrispondenza dei fianchi delle frane, soprattutto nei muri posti lungo la strada Artogne-Acquebuone-Montecampione ed in alcuni fabbricati posti ad Acquebuone; sono invece di dubbia interpretazione le lesioni che interessano alcuni dei fabbricati e dei manufatti presenti a Montecampione, che potrebbero essere legati anche a fenomeni di cedimento differenziale delle fondazioni o a fenomeni strettamente locali e superficiali;
- all'insorgere ed alla riattivazione di fenomeni franosi minori relativamente diffusi ed associati in genere ai fianchi ed alle scarpate principali e secondarie dei fenomeni maggiori.

Per quanto attiene il secondo caso (poco a monte della centrale di Artogne, sulla strada per Acquebone - codice area critica 18) il rilievo interferometrico è stato fatto su 3 punti (PS) critici localizzati su edificio rurale ristrutturato.

Si riportano, di seguito, le osservazioni ed i commenti dello studio in oggetto *“I PS in movimento (velocità media -9,71 mm/anno) sono localizzati su di una baita recentemente ristrutturata. Si sono persi eventuali indizi di deformazioni nella struttura. L'elevato valore di velocità in relazione al contesto geomorfologico non esclude una interpretazione simile a quella fatta per le precedenti aree critiche”.*

Non si condivide la causa presunta del movimento, individuata in “movimenti di versante profondi”, poiché si ritiene che debba essere attribuita a problemi di interazione puntuale “terreno di fondazione – struttura”. Infatti l'edificio sede dei PS è un edificio in muratura da considerarsi a tutti gli effetti nuovo, poiché la struttura preesistente era una baracca di lamiera; il nuovo fabbricato ha apportato un considerevole aumento del carico sul terreno con cedimenti teorici compatibili con quanto rilevato dal satellite (circa 10mm). Non si è inoltre rilevato, nell'intorno, alcun segnale riconducibile a movimenti del substrato roccioso.

I versanti a monte di Acquebuone e dalla località Pateghe, fino alla località di Montecampione, sono stati considerati come quiescenti; sono evidenti segni di deformazione relativamente recenti, ma precedenti agli eventi degli anni 2002 e 2000. Allo stesso modo sono stati classificati quei fenomeni, in genere di piccole dimensioni, che potrebbero essere riattivati facilmente a partire da forme di creep o di erosione da ruscellamento.

Non si hanno, invece, valori significativi delle deformazioni superficiali per il settore di versante compreso tra la zona di Acquebone e delle Pateghe, in corrispondenza delle località Roncasello, Moliner e S. Maurizio; tale settore è stato quindi classificato come corpo di frana profondo senza evidenze di attività (mancano infatti testimonianze di deformazioni recenti, ma si ha solo l'evidenza della morfologia complessiva).

Sono stati invece considerati come inattivi i fenomeni franosi, in genere superficiali, che sono risultati sostanzialmente stabilizzati, sia naturalmente sia dall'intervento dell'uomo.

L'evoluzione del versante sinistro della valle del Re può essere caratterizzata da ulteriori movimenti delle frane profonde, principalmente per riattivazioni in seguito a periodi di piogge prolungate, piuttosto che intense. Le modalità di deformazione, in riferimento alle notizie storiche e, soprattutto, in relazione all'assetto morfologico dell'area, non sembrano portare a fenomeni di collasso repentini delle intere masse in frana, ma sembra che i fenomeni gravitativi profondi procedano con velocità di deformazione relativamente lenta nel complesso, accompagnati da fenomeni a scala minore, con evoluzione potenzialmente

rapida, per scivolamento o colata di roccia debole o di terre. I fenomeni minori lo sono solo a scala relativa e comprendono una serie di forme che vanno da piccoli fenomeni di caduta di blocchi o scivolamento, diffusi soprattutto nelle zone medie e superiori del versante, fino a frane di scivolamento, colata o di crollo in roccia presenti lungo la scarpata della forra del Re, che possono coinvolgere volumetrie dell'ordine di alcune centinaia di migliaia di m³.

Versante destro Valle del Re

Nella sua parte inferiore, a valle della confluenza dei rami della Val Maione e della Valle del Bassinale, il versante destro dell'incisione del torrente Re, è caratterizzato dalla presenza di fessure di trazione alla sommità della linea di cresta, che risulta sdoppiata, connesse sicuramente ai fenomeni di deformazione gravitativa profonda che interessano, al di là della linea di cresta, il versante sinistro dell'adiacente valle del Re di Gianico.

Localmente attivi sono invece i fenomeni di rilascio tensionale alla base del versante, lungo i fianchi della forra del torrente Re, interessata da fenomeni di frana superficiali, entro il substrato roccioso fratturato nel tratto Artogne-Marochello. A questi fenomeni sono legate le frane che hanno interessato recentemente la località di Marochello, nel 1992, quando è stato coinvolto il tratto di scarpata posto subito a valle delle abitazioni che costituiscono il nucleo del paese, e nel 2002, quando è stato interessato il settore posto a valle del depuratore fognario di Marochello.

In seguito alla frana del 1992, che ha coinvolto il substrato roccioso e la soprastante copertura glaciale, è stato effettuato un intervento di consolidamento con un setto di micropali nel tratto di pendio posto subito a valle delle abitazioni: questo intervento garantisce la stabilità dei depositi glaciali sopra il substrato roccioso.

Le condizioni di forte rilascio tensionale degli ammassi rocciosi in tutto questo settore della base del versante è favorevole al verificarsi di nuove frane superficiali in roccia di dimensioni analoghe o superiori a quelle ricordate.

Nel tratto Marochello-Co de Cà la scarpata della forra del Re è impostata per buona parte in depositi glaciali e fluvioglaciali che sono stati oggetto in passato di intensi fenomeni di degradazione lungo ripide linee di impluvio caratterizzate da ruscellamento concentrato al fondo e frane per scivolamento e colata ai fianchi: attualmente questi fenomeni sono quiescenti, con tratti di impluvio e settori di scarpata soggetti a fenomeni di degradazione relativamente contenuti, ma che potrebbero essere riattivati in condizioni di precipitazioni meteoriche sfavorevoli. L'evoluzione di questi fenomeni potrebbe al limite raggiungere intensità paragonabili alla frana del Mangiarino, dove l'erosione al fondo e la degradazione dei versanti sono in continua attività e gli interventi eseguiti, a causa di una situazione topografica difficile, sono riusciti a contenere la degradazione e l'erosione solo nella parte inferiore meno acclive.

Nella parte media e superiore del versante, in corrispondenza del terrazzo morfologico di Marochello e Co de Cà e nella scarpata posta a monte di esso, la situazione morfologica è relativamente più tranquilla. Si rileva la presenza locale di fenomeni di degradazione superficiale, con reptazione od erosione diffusa, legati alla relativa acclività dei siti e la conseguente possibilità di innesco di fenomeni franosi di piccole dimensioni, per scivolamento o colata, a spese soprattutto della coltre di alterazione dei depositi superficiali. Lungo le poche linee di impluvio esistenti si rilevano locali fenomeni di erosione al fondo o di degradazione dei fianchi che potrebbero dar luogo a fenomeni di colata analoghi a quello che ha interessato nel 2000 l'impluvio che decorre ad est di Marochello. Il fenomeno è avvenuto a partire da uno scivolamento alla sommità dell'impluvio, alla quota di circa 930 m, poco a valle della strada Co de Cà-Albere, a causa di forti piogge e delle acque riversate a valle dalla strada, e la colata ha raggiunto il fondovalle del torrente Re, alla quota di circa 520m, danneggiando e depositando materiale sulla strada Piazza-Co de Cà (quota 750 m): nella nicchia di frana è stato condotto un intervento di sistemazione nell'anno 2002.

Come avvenuto per l'evento del 2000 l'innesco di alcuni dei fenomeni franosi di piccole dimensioni è legato alla concentrazione locale delle acque meteoriche raccolte dai tracciati stradali in occasione di forti precipitazioni.

La prevenzione di buona parte di questi fenomeni è quindi legata ad una buona organizzazione delle acque di scorrimento superficiale e ad una manutenzione continua delle opere realizzate.

Versante sinistro Val Camonica

Il settore compreso tra la Val Vedetta ed il torrente Re, nella parte posta a nord e nord-est di Piazza, è caratterizzato dalla presenza di una deformazione gravitativa profonda estesa sul versante, dalla base fin quasi alla sommità, connessa lateralmente ai fenomeni di frana che insistono sul versante sinistro dell'adiacente Valle Vedetta. Il fenomeno è da ritenersi nel complesso quiescente senza evidenze di attività. Su tale corpo franoso, in occasione delle forti precipitazioni degli anni 2000 e 2002, sono comparse piccole frane superficiali per scivolamento nel settore di versante posto subito a monte del ripiano delle Plagne, accompagnate da lesioni nei muri della strada Artogne-Piazza.

Non si hanno evidenze di attività per la zona di Piazza, mentre si è osservata una attività dei fenomeni franosi presenti nel settore di versante compreso tra Artogne e Piazza, rappresentati da forme di rilascio tensionale in roccia fratturata, con associati fenomeni di ribaltamento e scorrimento locale di blocchi di roccia. L'attività di questi fenomeni non interessa direttamente le zone urbanizzate a parte alcuni tratti della strada Artogne-Piazza, dove il rilascio tensionale potrebbe dar luogo a fenomeni di distacco di blocchi in corrispondenza delle pareti rocciose poste a monte della strada.

Il settore compreso tra il torrente Re ed il Valzello Pelucco è interessato da fenomeni gravitativi profondi che si estendono fino alla sommità del versante e che costituiscono il settore laterale destro della deformazione gravitativa insistente sul tratto di versante compreso tra il Pelucco e la vicina Val Roncaglia.

L'attività del settore centrale della frana Pelucco-Roncaglia è stata inoltre confermata dalle misure delle deformazioni superficiali dedotte dalle osservazioni da satellite.

L'evoluzione dei fenomeni franosi profondi potrebbe portare anche in questo caso all'insorgere di frane minori, soprattutto lungo i fianchi del torrente Pelucco, e dar luogo a fenomeni di colata.

5.2.6. Piccola frana non fedelmente cartografabile

In questa voce sono state inserite le frane di piccole dimensioni, caratterizzate da nicchie di larghezza inferiore a 10m. Si tratta in genere di fenomeni superficiali, per scivolamento traslazionale o colata, impostatisi in corrispondenza di coltri eluviali o detritiche di versante e spesso connesse ai fenomeni gravitativi maggiori.

5.2.7. Parete rocciosa soggetta a fenomeni di crollo

In questa voce sono accorpati sia i fenomeni di crollo vero e proprio sia di fenomeni di ribaltamento o di scorrimento planare che interessano in modo episodico buona parte delle pareti rocciose più sviluppate, con particolare evidenza laddove affiora il Verrucano Lombardo.

Parte dei fenomeni di crollo sono legati alla presenza delle frane per deformazione profonda, sia al piede, che in corrispondenza delle scarpate e dei fianchi. In queste situazioni, dove gli ammassi rocciosi sono molto fratturati e sconnessi a causa del rilascio tensionale, i volumi coinvolti possono essere elevati, come testimoniano le falde di detrito presenti nei settori di versante posti a valle del monte Corniolo e della linea di cresta Corno Torricella-Dosso Bassinale, entro il Verrucano Lombardo o come testimoniano le frane avvenute di recente in località Marochello, sia nel 1992 sia nel 2002, che hanno interessato i Micascisti.

Fenomeni di crollo interessano anche le pareti rocciose di Porfiriti presenti sui fianchi della conca del Bassinale, in particolare il versante del monte Muffetto e della linea Beccheria-Stanga di Bassinale, dove i fenomeni di distacco sono favoriti, oltre che dalle condizioni climatiche, anche dal grado di fratturazione delle Porfiriti, caratterizzate da un comportamento particolarmente rigido che ha dato luogo a fratture poco spaziate ma molto persistenti.

5.2.8. Falda o cono di detrito

Si rimanda al paragrafo 3.1.6 per la descrizione di questi depositi.

5.2.9. Area interessata da reptazione e/o soliflusso

Il termine reptazione (creep) indica dei movimenti lenti superficiali che coinvolgono le coltri di depositi quaternari che ricoprono i versanti. Si tratta di movimenti molto lenti, nell'ordine di pochi centimetri all'anno, caratterizzati da velocità decrescenti dalla superficie verso l'interno del terreno dovuti all'assestamento delle singole particelle che costituiscono i depositi. Le cause dell'assestamento delle particelle sono da ricercare nei cicli di gelo e disgelo, di umidificazione ed essiccazione, nell'azione delle radici dei vegetali oppure nell'azione degli animali. Il fenomeno si manifesta con piccole scarpatine e decorticazioni del manto vegetale e può causare la crescita di alberi ricurvi. Fenomeni di reptazione sono relativamente diffusi nell'ambito del territorio comunale ed interessano soprattutto le coltri di origine eluviale e colluviale o le coltri di detrito di versante.

Nella carta geomorfologica di inquadramento - scala 1:10.000, i fenomeni di reptazione dovuti al pascolo degli animali sono indicati con simbolo a parte. Queste forme si trovano in particolare nei pressi delle malghe del Bassinale e del Bassinaletto e lungo la linea di cresta Colma di Marucolo - monte Splaza.

In alcuni settori, anche caratterizzati da modesta inclinazione, si può parlare di vero e proprio soliflusso. Il soliflusso coinvolge in particolare i depositi caratterizzati da matrice limoso-argillosa, quali i depositi eluvio-colluviali derivanti da Verrucano o dalle miloniti degli scisti, che possono saturarsi di acqua e diventare plastici, fluendo sotto l'azione della gravità. Il movimento è lento, nell'ordine di qualche decimetro l'anno, e determina il formarsi di lobi e ondulazioni sulla superficie dei versanti.

Sia il soliflusso sia il creep possono evolversi in forme di maggior intensità determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali e questo, a parità di altre condizioni, avviene più facilmente nelle zone dove l'assenza di copertura arborea determina una minore protezione rispetto all'azione erosiva della pioggia e del ruscellamento.

5.3. FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'ATTIVITÀ GLACIALE E NIVALE

5.3.1. Orlo di circo glaciale

Il circo glaciale corrisponde alla nicchia sommitale, generalmente di forma semicircolare occupata da un ghiacciaio montano. Circhi glaciali sede di piccole lingue glaciali che occupavano il settore superiore della valle del torrente Re e si raccordavano al ghiacciaio che occupava il fondo della Valle Camonica, sono presenti in corrispondenza della conca del Bassinale e della testata della Val Maione.

5.3.2. Orlo di terrazzo di erosione glaciale

L'approfondimento progressivo dei solchi vallivi causato dall'erosione glaciale origina in genere dei terrazzi morfologici disposti sia in senso trasversale alla valle, lungo i versanti, sia in senso longitudinale, lungo l'asse della valle. In genere la presenza dei terrazzi di erosione è dovuta al successivo approfondimento operato dalle lingue glaciali che si sono succedute nelle diverse fasi della glaciazione. Nelle zone di circo i terrazzi di escavazione glaciale danno luogo ad una morfologia a gradoni con ripiani spesso occupati da conche di sovraescavazione. Una serie di terrazzi è ben evidente nella conca del Bassinale.

5.3.3. Cordoni morenici

I cordoni morenici rappresentano gli accumuli morfologicamente più evidenti connessi all'attività deposizionale dei ghiacciai; sono presenti sia nella zona di circo della conca del Bassinale sia sui versanti della valle del torrente Re, in particolare nelle zone di S. Maurizio e Pateghe.

5.3.4. Canalone di valanga

Fenomeni di valanga interessano localmente le zone superiori dei versanti della valle del torrente Re, a partire dalla conca del Bassinale per tutta la linea di cresta dal monte Muffetto fino al monte Corniolo. Gli scivolamenti delle masse nevose avvengono a partire sia dalla sommità della linea di cresta sia alla sommità di alcune linee di impluvio caratterizzate da una forte pendenza e dalla presenza di vegetazione solamente erbacea.

In funzione della topografia locale i percorsi delle masse nevose sono relativamente brevi, come in valle Anina, alla sommità della val Maione o nella stessa zona del monte Muffetto, mentre sono maggiori lungo i ripidi canali posti a valle del Dosso Rotondo e del monte Splaza dove, in condizioni climatiche opportune, le masse nevose sono in grado di raggiungere ed oltrepassare la strada Montecampione-Plan. Alcuni percorsi di valanga interferiscono, oltre che con la strada, anche con gli impianti di risalita e le piste da sci del comprensorio di Montecampione e per questo motivo sono state realizzate localmente delle opere di protezione rappresentate sia da tratti di galleria artificiale lungo la strada, in corrispondenza dei canali, sia da rastrelliere da neve per trattenere il manto nevoso alla sommità di alcuni pendii, soprattutto a monte delle piste poste nel tratto superiore della Valle Bassinaletto.

5.4. FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

Si rimanda al sottocapitolo 4.4 per le descrizioni relative alle aree di ruscellamento diffuso, ai solchi di ruscellamento, agli alvei con tendenza all'approfondimento, all'alveo inciso, agli orli di scarpata di erosione fluviale e all'orlo di forra rocciosa e al paragrafo 3.1.5 per la descrizione del materiale di conoide alluvionale.

5.4.1. Traccia di canale abbandonato

A quota 760mslm l'esondazione del torrente Corazzino potrebbe riattivare un paleoalveo posto in destra idrografica.

5.5. ELEMENTI ANTROPICI

Si rimanda al sottocapitolo 4.5 per i commenti in merito al canale idroelettico, ai fossi di drenaggio artificiale e agli interventi di difesa spondale e al paragrafo 3.1.1 per la descrizione del materiale di riporto di origine antropica.

5.5.1. Terrazzamenti agrari

I terrazzamenti agrari, sostenuti da muri di altezza variabile da 1.00 a 2.50m, sono stati realizzati per diminuire localmente la pendenza originaria e recuperare aree coltivabili. L'abbandono delle attività agricole e la conseguente mancata manutenzione delle opere è stata la causa di piccoli franamenti che hanno coinvolto i muri di sostegno ed il terreno posto a tergo.

5.5.2. Opere paramassi

A protezione dai fenomeni di caduta massi che interessano localmente le pareti rocciose sono state disposte in alcuni punti della strada Montecampione-Plan (Bassinale) e lungo alcuni tratti delle piste da sci nella zona Bassinale-Prato Secondino, delle opere di difesa rappresentate da reti, a volte accoppiate a funi, disposte in aderenza sulle pareti rocciose. In alcuni punti la protezione della sede stradale è stata realizzata con un tratto di galleria artificiale.

5.5.3. Opere paravalanghe

Opere di difesa dalle valanghe sono state realizzate nella zona compresa tra il Bassinale e Prato Secondino disponendo, sui tratti di versante dai quali possono scivolare le masse nevose, delle rastrelliere metalliche in grado di trattenere la coltre nevosa e dei deflettori in grado di evitare gli accumuli di neve formati dal vento.

5.5.4. Gallerie artificiali

In corrispondenza dell'attraversamento di alcune linee di impluvio poste nel tratto compreso tra la val Maione e Prato Secondino, che possono essere percorse da valanghe o da fenomeni di colata, sono stati realizzati dei tratti di galleria artificiale a protezione della strada Montecampione-Plan (Bassinale).

5.6. CARTA DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA

Nella "Carta della dinamica geomorfologica" - scala 1:5.000 e scala 1:2000 vengono riportati con maggiore dettaglio gli elementi già evidenziati nelle carte idrogeologica e geomorfologica integrati da ulteriori informazioni che vengono di seguito descritte.

5.6.1. Aree adiacenti e in prossimità al torrente val Vedetta allagabili in seguito ad eventi meteorici eccezionali

Si tratta del tratto inferiore della val Vedetta, a valle del canale idroelettico, dove la sezione disponibile è, in caso di assenza di derivazione da parte del canale idroelettico, insufficiente al deflusso della portata liquida e si ha un'ampia fascia potenzialmente alluvionabile.

5.6.2. Aree caratterizzate da bassa soggiacenza della falda

Tutta la zona compresa nella fascia fluviale C del PAI e una parte del settore orientale dell'abitato sono caratterizzate dall'avere la falda prossima al piano campagna. Questo fatto richiede particolare attenzione nella definizione delle problematiche geotecniche dei terreni.

5.6.3. Aree caratterizzate da depositi superficiali fini con caratteristiche geotecniche scadenti

Sono le aree caratterizzate dallo strato superficiale formato da terreni a granulometria fine, limoso-argillosa o torbosa, non addensati e con comportamento geotecnico mediocre o scadente.

6. IDROLOGIA

La pericolosità naturale del territorio di Artogne, con particolare riferimento alla zone urbanizzate, è spesso da ascrivere alla dinamica idraulica dei corsi d'acqua presenti. Ne consegue che ai fini della pianificazione territoriale, l'analisi idrologica unita all'analisi geomorfologica assume un'importanza fondamentale.

Il reticolo principale di Artogne è definito dalla D. G. R. Lombardia del 28 agosto 2003 n. 7/13950 e comprende:

- il torrente valle di Artogne (Re)
- il torrente valle del Corazzino
- il torrente valle Bassinale (Bassinaletto)
- il fiume Oglio
- il torrente val Vedetta.

Il torrente Bassinaletto e il torrente Corazzino scorrono in ambiti poco urbanizzati, per questo motivo sono esclusi dalle considerazioni idrologiche riportate nel seguito che riguardano solo i corsi d'acqua che interessano l'abitato, tra i quali rientra anche il torrente Valzello Pelucco che fa parte del reticolo idrico minore.

Il territorio comunale di Artogne è caratterizzato da precipitazioni medie annue nell'ordine di 1300mm, come riportato nella "Carta delle precipitazioni medie annue del territorio alpino della regione Lombardia" a cura di Ceriani Massimo, Carelli Massimo del Servizio Geologico – Ufficio Rischi Geologici Regione Lombardia sulla base della serie storica di dati rilevati negli anni compresi tra il 1891 e il 1990.

Nell'allegato 1 alla relazione sono riportate le linee di spartiacque e la suddivisione in fasce altimetriche al fine della costruzione della curva ipsografica e della definizione dell'altitudine media dei bacini.

La portata di progetto assunta per le valutazioni idrauliche è stata determinata sulla base delle indicazioni contenute nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, n. 18 del 26 aprile 2001.

In generale, i torrenti del territorio comunale di Artogne, sono soggetti ai verificarsi di fenomeni di piena contraddistinti da un notevole trasporto solido; infatti, in occasione di eventi meteorici prolungati o di particolare intensità, si possono innescare nuovi fenomeni erosivi oppure può essere evacuato il materiale presente lungo gli alvei.

6.1. MORFOMETRIA E PLUVIOMETRIA DEL BACINO DEL TORRENTE RE

Il torrente Re di Artogne è un affluente di sinistra del fiume Oglio prelacuale, caratterizzato da un bacino tributario con sviluppo in direzione SE-NO. Il suo corso superiore presenta un andamento suddiviso in due rami che si riuniscono circa 2.5km a est della strada per Acquebone, la quota massima del bacino corrisponde ai 2059m slm del Monte Muffetto.

Con riferimento alla "Carta della dinamica geomorfologica" - scala 1:5.000, si assume quale sezione di chiusura del bacino la sezione 39, in riferimento alla quale le caratteristiche morfometriche del bacino di alimentazione del torrente Re sono le seguenti:

- Quota minima (sezione di chiusura) = 301m slm
- Lunghezza asta principale = 6.38km
- Superficie bacino = 16.22km²
- Altitudine media = 1249m

Per il calcolo del tempo di corrivazione t_c è stata utilizzata la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

con:

$A(km^2)$ = area del bacino sottesa alla sezione di calcolo

$L(km)$ = lunghezza dell'asta principale

$H_m (mslm)$ = quota media del bacino

$H_0 (mslm)$ = quota della sezione di chiusura

Dall'applicazione della formula di Giandotti si ottiene $t_c = 1.04h$.

6.1.1. Altezza di pioggia critica

Non essendo disponibili misurazioni dirette dei valori di portata o dei livelli idrometrici il calcolo dei valori di portata di massima piena deve essere realizzato ricorrendo a metodi indiretti di valutazione.

L'intensità di precipitazione che determina la massima portata di piena è stata ottenuta dalle curve di possibilità pluviometrica che legano l'altezza di precipitazione (altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo in assenza di perdite) alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Tali curve sono espresse dall'equazione:

$$h(T) = a \cdot d^n$$

dove:

$h(mm)$ = altezza di pioggia

$d(ore)$ = durata dell'evento di pioggia considerato

a, n = parametri funzione del tempo di ritorno

Per i valori di a ed n nell'area in esame, si è fatto riferimento a quanto riportato nell'allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" norme di attuazione della Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del 18 maggio 1989.

Per il tempo di ritorno di 200 anni, vengono forniti per le aree in esame i seguenti valori di a ed n : $a=57.90$, $n=0.376$.

Assumendo come precipitazione che determina la portata massima di deflusso nella sezione di analisi, la precipitazione con durata uguale al tempo di corrivazione del bacino, si ottiene:

$$h_{(200)} = 58.81mm$$

6.1.2. Portata massima di deflusso

L'applicazione della formula razionale porta alla definizione della portata duecentennale:

$$Q_{(200)} = \frac{C \cdot h_{(200)} \cdot A}{t_c} \cdot 0.278 = 153 m^3/s,$$

avendo indicato con C il coefficiente di deflusso del bacino, pari a 0.60, determinato con il metodo SCS. L'area del bacino è stata suddivisa individuando diverse categorie di suolo (A, B, C, D) che si differenziano in base alla potenzialità di deflusso dei terreni. Partendo dalle classi di permeabilità individuate nella "Carta idrogeologica e del sistema idrografico – scala 1:10000", è stata effettuata la seguente conversione:

Permeabilità	Suolo	Tipo di suolo metodo SCS
elevata	Alluvioni recenti e attuali e detriti di falda grossolani	A
da media a elevata	Depositi glaciali e fluvioglaciali, depositi di conoide alluvionale, detriti di falda colonizzati e materiali di riporto antropico	A
da ridotta a media	Depositi eluviali e colluviali e depositi torbosi, Porfiriti, Servino e Verrucano Lombardo	C
da ridotta a nulla	Micascisti e paragneiss appartenenti alla Formazione dei Micascisti del Maniva	D

L'estensione e la tipologia delle diverse coperture vegetali è stata calcolata sulla base della "Carta dell'uso del suolo ad orientamento vegetazionale" – scala 1:10000 – sezione D4b4 Piancamuno – cartografia geoambientale della Regione Lombardia.

I coefficienti parziali assegnati alle diverse aree omogenee di uso del suolo (tratti da "A guide to hydrological analysis using SCS methods" di R. H. McCuen) sono i seguenti:

Uso del suolo	Categoria SCS A Coefficiente parziale (C_p)	Categoria SCS C Coefficiente parziale (C_p)	Categoria SCS D Coefficiente parziale (C_p)
Boschi	0.36	0.73	0.79
Vegetazione naturale	0.36	0.73	-
Prati e pascoli	0.49	0.79	0.84
Legnose agrarie	0.49	0.79	-
Vegetazione incolta	0.49	0.79	-
Aree sterili	-	0.91	0.94

Il coefficiente di deflusso è stato ottenuto dalla media ponderata in funzione dell'estensione:

$$C = \frac{\sum_{i=a}^e A_i \cdot C_{pi}}{A}$$

Sulla base dei dati sopra esposti si ottiene un coefficiente di deflusso pari a 0.60.

6.1.3. Trasporto solido

A monte del conoide del torrente Re sono presenti notevoli movimenti di detriti trasportati dalle piene con tratti dell'alveo caratterizzati da sovralluvionamento. Se si esclude il tratto di circa 500m appena a monte dell'abitato, le briglie realizzate nel tratto terminale del bacino montano per circa 2.50km sono distrutte o gravemente dissestate, per cui è in movimento il materiale che da esse dovrebbe essere trattenuto. Il pessimo stato di queste opere è all'origine degli attuali eccessivi trasporti solidi al conoide.

Si ritiene opportuno, quindi, fornire una valutazione indicativa dell'aumento di portata dovuto ai fenomeni di trasporto solido alimentati dal materiale d'alveo durante la piena.

Nell'ipotesi di una miscela liquido+solido con densità 1.20÷1.40t/m³ e considerando una densità del materiale preso in carico di 2.65t/m³, si ottiene per la miscela una composizione rispettivamente di 88% acqua + 12% solido e 76% acqua e 24% solido.

Per determinare la portata costituita dalla miscela liquido+solido, la portata liquida può essere moltiplicata quindi per un valore compreso tra 1.136 e 1.316.

Assumendo la situazione più critica, la portata totale (portata liquida e solida) risulta $\bar{Q}_{200} = 201m^3 / s$.

6.1.4. Principali eventi di piena

Gli eventi di piena più recenti del torrente Re sono quelli dei mesi di luglio-agosto 1987 che arrecarono seri danni alle difese di sponda e a parecchie briglie. In queste occasioni si rischiò l'esondazione in corrispondenza degli abitati di Artogne e Piancamuno a causa anche dell'eccessivo sovralluvionamento d'alveo.

Eventi di piena importanti furono quelli del maggio 1926, novembre 1927, settembre 1960, ottobre 1980 e maggio 1981, purtroppo, però, non sono disponibili i valori di portata da riferire a tali eventi.

Nello studio "Appalto concorso per lo studio e la progettazione delle opere riguardanti la sistemazione idraulica del Re di Artogne danneggiato dagli eventi alluvionali dei mesi di luglio-agosto 1987. Comuni di Artogne e Piancamuno (Bs)", è stata stimata in 60m³/s la portata con tempo di ritorno di 2 anni, sulla base di osservazioni durante gli eventi di pioggia di maggiore importanza.

6.2. MORFOMETRIA E PLUVIOMETRIA DEL BACINO DEL TORRENTE VALZELLO PELUCCO

Questo torrente è caratterizzato da un bacino idrografico di modeste dimensioni, con andamento rettilineo dell'asta principale e sostanziale assenza di rami secondari.

Il torrente, successivamente a fenomeni di erosione e colata che lo hanno interessato negli anni sessanta, è stato oggetto di un intervento di sistemazione che ha comportato la raccolta e l'allontanamento delle acque verso l'impluvio della val Roncaglia a partire dalla parte superiore del suo corso ed è quindi caratterizzato da un regime temporaneo con deflusso solo in occasione delle precipitazioni maggiori.

L'acqua che giunge all'apice del conoide viene intubata e scaricata nel torrente Re. Le possibilità di esondazione sono legate all'intasamento della vasca di sedimentazione per effetto del trasporto solido, dando luogo alle direzioni preferenziali di flusso indicate nella tavola 4 "Carta della dinamica geomorfologica".

Si assume quale sezione di chiusura del bacino la sezione in corrispondenza della vasca di sedimentazione, in riferimento alla quale le caratteristiche morfometriche del bacino di alimentazione del torrente Pelucco sono le seguenti:

- Quota minima (sezione di chiusura) = 340m slm
- Altezza massima (monte Rotondo) = 1181m slm
- Lunghezza asta principale = 2348m
- Superficie bacino = 0.61km²
- Altitudine media = 788m slm.

L'applicazione della formula di Giandotti, fornisce il tempo di corrivazione $t_c = 0.39h$.

6.2.1. Altezza di pioggia critica

Per il torrente Valzello-Pelucco i valori di a ed n corrispondenti al tempo di ritorno 200 anni (allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" norme di attuazione della Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del 18 maggio 1989) sono $a=59.29$, $n=0.370$.

Assumendo come precipitazione che determina la portata massima di deflusso nella sezione di analisi, la precipitazione con durata uguale al tempo di corrivazione del bacino, si ottiene:

$$h_{(200)} = 41.95mm .$$

6.2.2. Portata massima di deflusso

L'applicazione della formula razionale porta alla definizione della portata $Q_{(200)} = 14.5 m^3/s$.

Trattandosi di un bacino di piccole dimensioni, sono modeste le perdite di acqua che si verificano per evapotraspirazione e per infiltrazione durante i fenomeni piovosi intensi: per questa ragione il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0.8.

6.2.3. Trasporto solido

Se si tiene conto anche del materiale solido trasportato durante la piena, si ottiene la portata $\bar{Q}_{(200)} = 19 m^3/s$.

6.3. MORFOMETRIA E PLUVIOMETRIA DEL BACINO DEL TORRENTE VAL VEDETTA

Come il Valzello Pelucco, anche il torrente val Vedetta è caratterizzato da un bacino di estensione modesta, tuttavia il tratto inferiore del torrente è caratterizzato da sezioni di deflusso insufficienti e può provocare (in assenza di derivazione da parte del canale idroelettrico) alluvioni nel territorio comunale di Artogne, come evidenziato nella "carta della dinamica geomorfologica" – scala 1:5000 e 1:2000.

Si assume quale sezione di chiusura del bacino la sezione in corrispondenza della vasca di sedimentazione, in riferimento alla quale le caratteristiche morfometriche del bacino di alimentazione del torrente Pelucco sono le seguenti:

- Quota minima (sezione di chiusura) = 330m slm
- Altezza massima (monte Rotondo) = 1210m slm
- Lunghezza asta principale = 2000m
- Superficie bacino = 1.03km²
- Altitudine media = 687m slm.

L'applicazione della formula di Giandotti, fornisce il tempo di corrivazione $t_c = 0.47h$.

6.3.1. Altezza di pioggia critica

Per il torrente val Vedetta i valori di a ed n corrispondenti al tempo di ritorno 200 anni (allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" norme di attuazione della Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del 18 maggio 1989) sono a=57.23, n=0.373; da cui

$$h_{(200)} = 43.03mm .$$

6.3.2. Portata massima di deflusso

L'applicazione della formula razionale porta alla definizione della portata $Q_{(200)} = 21 m^3/s$.

Trattandosi di un bacino di piccole dimensioni, sono modeste le perdite di acqua che si verificano per evapotraspirazione e per infiltrazione durante i fenomeni piovosi intensi: per questa ragione il coefficiente di deflusso è stato posto pari a 0.8.

6.3.3. Trasporto solido

Se si tiene conto anche del materiale solido trasportato durante la piena, si ottiene la portata $\bar{Q}_{(200)} = 28 m^3/s$.

7. DINAMICA GEOMORFOLOGICA

7.1. CONOIDE DEL TORRENTE RE

Date le caratteristiche del torrente Re e data la sua rilevanza rispetto agli altri elementi drenanti, la valutazione della dinamica geomorfologica di questo torrente è stata preceduta da modellazione idraulica di cui di seguito si riassumono le linee principali. Una volta stimata la portata di progetto e una volta schematizzato l'assetto geometrico dell'alveo, si è proceduto alla modellazione idraulica in condizioni di moto permanente.

Con riferimento alla "Carta della dinamica geomorfologica" - scala 1:5.000 e scala 1.2000, è stato modellato il tratto del torrente Re di lunghezza 2250m che va dalla sezione 45 (sezione di monte) alla sezione 1 di recapito finale in Oglio (ved. allegato 2).

Le 16 sezioni del precedente studio sono state integrate e/o sostituite con nuove misure effettuate in loco supportate dalla cartografia disponibile; per la modellazione sono stati considerati i parametri di progetto dello studio "Appalto concorso per lo studio e la progettazione delle opere riguardanti la sistemazione idraulica del Re di Artogne danneggiato dagli eventi alluvionali dei mesi di luglio-agosto 1987. Comuni di Artogne e Piancamuno (Bs)". Progetto generale esecutivo a cura di SICEM Padova.

Attualmente il torrente Re dall'apice del conoide fino al recapito in Oglio risulta suddiviso in 3 tratti:

- tratto regimato con briglie nella parte alta e più ripida
- piazzola di deposito al termine della sistemazione con briglie
- canale a fondo fisso fra la piazzola di deposito e il fiume ricevente a valle.

Uno degli obiettivi primari del progetto di sistemazione idraulica di cui sopra era quello di eliminare il pericoloso stato pensile del torrente attraverso lo scavo del fondo alveo e l'artificializzazione della sezione; questo è stato realizzato, con l'esclusione della sezione all'intersezione con il canale idroelettrico dove la quota del fondo è obbligata e il pelo libero della corrente risulta più alto del piano campagna.

7.1.1. Modellazione idraulica

Il calcolo del profilo di pelo libero della corrente è stato effettuato in condizioni di moto stazionario monodimensionale (portata costante e geometria dell'alveo variabile) utilizzando il programma di calcolo HEC-RAS (versione 3.1.1).

I dati di input del programma sono:

- geometria delle sezioni idrauliche considerate
- ubicazione planimetrica relativa delle sezioni
- coefficienti di scabrezza del fondo alveo e delle sponde
- portata di progetto (condizione di monte): $\bar{Q} = 201m^3 / s$.

I risultati in termini di altezza idrica, altezza dello stato critico ed energia totale sono riportati nell'allegato 3 alla relazione, dove sono anche indicati i coefficienti di scabrezza n di Manning utilizzati nelle diverse sezioni.

Con riferimento alla "Carta della dinamica geomorfologica" - scala 1:5.000 e scala 1:2.000 nella quale sono indicate con due diversi colori le direzioni di esondazione in funzione della maggiore o minore probabilità di accadimento, l'analisi in condizioni di moto permanente ha evidenziato le seguenti criticità:

- in corrispondenza della sezione 44, l'alveo del torrente Re risulta insufficiente e viene riattivato il canale laterale che porta nuovamente l'acqua nel torrente qualche decina di metri più a valle;
- in corrispondenza del vecchio ponte per Acquebone la portata passa senza franco disponibile, si segnala, quindi, la possibilità di esondazione in attesa del completamento del nuovo ponte posto 20m più a valle che consentirà l'abbattimento del ponte attualmente in uso;
- tra la sezione 33 e la sezione 32 si ha l'esondazione di acqua sulla stradina in sinistra, la morfologia dell'area, tuttavia, consente la reimmissione poco più a valle dell'acqua esondata;
- in corrispondenza dell'attraversamento del canale idroelettrico (sezione 22), dove il torrente Re risulta tuttora pensile e dove è presente un'interruzione del muro di sponda in destra idrografica, viene segnalata una limitata possibilità di esondazione in occasione di eventi eccezionali associati a fenomeni di colata, anche se la portata di progetto risulta verificata;
- la sezione 4 in corrispondenza del ponte della linea ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo è insufficiente, l'opera provoca un significativo ostacolo al deflusso che potrebbe risultare anche più pericoloso nel caso di ostruzione delle luci del ponte con importanti fenomeni di rigurgito.

Si fa presente la necessità di ripulire il fondo alveo dai depositi e dalla vegetazione, lungo tutto il tratto del torrente dall'apice del conoide fino allo sbocco. In particolare, si segnala che il cattivo stato di manutenzione potrebbe rovinare il tratto del torrente con fondo e sponde artificiali a causa della crescita delle radici delle piante tra i massi del cunettone a fondo impermeabile e della scogliera. È necessario, inoltre, dedicare una più accurata manutenzione anche agli antichi murari che vanno comunque conservati con funzione di difesa idraulica di emergenza.

7.1.2. Magnitudo e propagazione delle colate

Per quanto attiene a magnitudo e propagazione delle colate si fa riferimento alla "Valutazione della pericolosità nelle aree dei conoidi alluvionali presenti nel settore di fondovalle del territorio comunale di Artogne secondo le indicazioni contenute della D.G.R. 11 dicembre 2001 n. 7/7365 - Agosto 2003" redatta dal geologo F. Alberti ed approvata con delibera del Consiglio Comunale n. 54 del 09/12/03.

Il volume massimo di materiale detritico (magnitudo), rimobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto, è stato quantificato in 210151m³, anche se tale valore risulta superiore del 35% rispetto al più elevato dei dati forniti dal Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia e più precisamente dal SIBCA (Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua), che, per la Valle di Artogne (codice CT10 = 44417), fornisce 4 valori, ricavati con diversi metodi empirici identificati con il nome dell'autore:

Bottino (m ³)	D'Agostino (m ³)	Ceriani (m ³)	Bianco (m ³)
46388,60346	97717,4055	84168,90677	155371,59595

Per l'analisi della propagazione delle colate provenienti dal bacino del torrente Re di Artogne è stato applicato (sempre nello studio citato in precedenza) il "Metodo semi-empirico per la mappatura del deposito di materiale solido da colata detritica in area di conoide" proposto da T. Takahashi, nelle ipotesi di "stony debris flow".

Il metodo è stato applicato considerando la magnitudo quantificata; il risultato ottenuto è l'estensione longitudinale del deposito (a partire dall'apice del conoide), pari a 965m.

Si evince quindi la possibilità che le colate, restando incanalate all'interno dell'alveo, possano raggiungere il settore medio-distale del conoide alluvionale (la fascia di arresto corrisponde con il settore compreso fra il canale idroelettrico e la ex-SS510), con la possibilità di intasare totalmente o parzialmente le sezioni d'alveo poste a monte delle aree di arresto.

Per il tratto a valle della zona di arresto il fenomeno di transito e deposizione della colata si completa con il deflusso della frazione fluida rilasciata dalla colata stessa, costituita dalla portata liquida con trasporto della frazione sabbioso-ghiaiosa; le condizioni sono quindi analoghe a quelle viste per il deflusso delle piene con elevato trasporto solido.

I risultati ottenuti, che sono comunque da considerare come stime aventi carattere indicativo, trovano una certa corrispondenza con la morfologia generale del conoide, in quanto la fascia di arresto calcolata per le colate coincide con un settore di variazione della pendenza lungo il conoide, posto al passaggio tra il tratto apicale e mediano (dove la forma del conoide è più pronunciata e probabilmente più legata alla deposizione da trasporto in massa), ed il tratto distale (caratterizzato da pendenze più blande e da mettere in relazione con fenomeni di trasporto e deposizione legati all'azione trattiva della corrente del corso d'acqua, anche a seguito di fenomeni di esondazione).

Sulla base della morfologia di dettaglio rilevata e sulla base delle opere di regimazione idraulica presenti, si ritiene che, al limite, in occasione di eventi estremi che portino a colmare la sezione di deflusso del corso d'acqua, frazioni del materiale di colata potrebbero fuoriuscire dall'alveo in corrispondenza delle sezioni individuate come critiche per poi seguire gli stessi percorsi individuati per le acque di esondazione.

In ogni caso quindi le aree di conoide del torrente Re di Artogne non vengono interessate direttamente o indirettamente dalla propagazione delle colate detritico-fangose provenienti dal bacino.

7.2. CONOIDE DEL TORRENTE VALZELLO PELUCCO

Subito a monte dell'apice del conoide del torrente Pelucco (quota 365 m circa) sono presenti due grandi briglie in gabbionate, in discrete condizioni di manutenzione; solo quella inferiore presenta delle lesioni nella parte centrale della fondazione. A valle di questa briglia è presente una vasca di sedimentazione in calcestruzzo. A valle della vasca è presente una soglia di fondo con un'opera di presa che convoglia le acque del torrente Pelucco nel torrente Re di Artogne con un condotto sotterraneo. Tale opera tende ad intasarsi facilmente a causa degli apporti di detriti e vegetali che il torrente trasporta in occasione delle precipitazioni più intense.

A valle dell'opera di presa, lungo l'intero conoide, non esiste un alveo ben definito, in grado di contenere il deflusso delle acque e del trasporto solido: l'alveo, probabilmente coperto dalle colate degli anni sessanta, non è più stato ripristinato perchè le acque del Pelucco sono state deviate nella Roncaglia dal tratto superiore e nel Re all'apice del conoide.

In occasione di forti piogge il trasporto solido può mandare facilmente crisi l'opera di presa posta all'apice del conoide: in tal caso, in mancanza di un alveo definito, il deflusso lungo il conoide avviene preferibilmente nel settore centrale e, con probabilità di accadimento via via minore, lungo altre direzioni di scorrimento secondarie. Le direzioni di incanalamento delle colate detritico-fangose e delle acque sono state rilevate sul terreno e sono rappresentate nella carta della dinamica geomorfologica e differenziate in due ordini di probabilità (alta e bassa) in funzione della morfologia locale delle aree.

7.2.1. Magnitudo e propagazione delle colate

Per quanto attiene a magnitudo e propagazione delle colate si fa sempre riferimento alla "Valutazione della pericolosità nelle aree dei conoidi alluvionali presenti nel settore di fondovalle del territorio comunale di Artogne secondo le indicazioni contenute della D.G.R. 11 dicembre 2001 n. 7/7365 - Agosto 2003" redatta dal geologo F. Alberti ed approvata con delibera del Consiglio Comunale n. 54 del 09/12/03.

Il volume massimo di materiale detritico (magnitudo), rimobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto, è stato quantificato in 30000m³; tale valore risulta essere del 34% superiore al massimo dei valori forniti dal Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia e più precisamente dal SIBCA (Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua), che, per il Pelucco (codice CT10 = 45396), fornisce 4 valori, ricavati con diversi metodi empirici identificati con il nome dell'autore:

Bottino (m ³)	D'Agostino (m ³)	Ceriani (m ³)	Bianco (m ³)
18451,26975	16159,94744	22395,4803	21386,72216

L'estensione longitudinale del deposito (a partire dall'apice del conoide) è pari a 181m.

Emerge, quindi, la possibilità che le colate siano in grado di espandersi fino al settore intermedio del conoide e che le zone poste più a valle siano raggiungibili dalle frazioni fluide.

A valle della vasca di sedimentazione, tutto il settore centrale, superiore e medio del conoide è potenzialmente esposto a pericolosità alta, fino a lambire il nucleo storico di Maserade e di PianCamuno. A valle e lateralmente a questo settore, le aree del conoide sono potenzialmente esposte a pericolosità decrescenti da medie a basse, fino a sovrapporsi alle aree di pericolosità relative al conoide del torrente Re.

7.3. CONOIDE DEL TORRENTE VAL VEDETTA

Nel territorio comunale di Artogne rientra solo il settore distale sinistro del conoide della Val Vedetta, lungo il quale si trova l'alveo del corso d'acqua che segna, tra via Gianico e via XXV Aprile (Ex-SS42), il limite tra i comuni di Gianico e Artogne.

Il conoide della Val Vedetta è stato interessato sia da uno studio riguardante la “Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine; esempio della metodologia di Aulitzky applicata al conoide del torrente Re di Gianico” (Ceriani M., Fossati D., Quattrini S., 1998), sia da uno studio finalizzato ad una perimetrazione della pericolosità morfologica nell’ambito dello studio relativo alla “Perimetrazione e zonazione della pericolosità da frana e del rischio da frana nei siti a rischio in adempimento alla legge 267/98: torrente Re di Gianico/Vallone Vedetta” (Settembre 1999).

I risultati dei due studi, hanno messo in evidenza, in accordo con le testimonianze storiche e con la situazione morfologica del conoide, che i fenomeni di colata si possono espandere facilmente nel settore superiore e medio del conoide, ma che tendono ad arrestarsi nella zona medio-inferiore mentre il settore distale può essere raggiunto solo dalle frazioni più fluide della colata.

In relazione a queste considerazioni la perimetrazione delle aree a rischio elevato riportata nello studio si ferma a monte del canale idroelettrico che decorre al limite tra il settore intermedio e quello distale, a valle del quale il grado di pericolosità risulta da medio a molto basso secondo una fascia disposta in asse all’alveo del torrente e che lambisce solo marginalmente il territorio comunale di Artogne.

Il tratto inferiore del torrente a valle del canale idroelettrico, anche in ragione della derivazione di buona parte delle sue acque, presenta un alveo di sezione relativamente esigua, dell’ordine di 1-3m² che si riduce a circa a 1m² nella zona della piana, fino all’altezza del tracciato della ex-SS42, in prossimità del quale il torrente viene intubato per un buon tratto, con il quale si porta a valle della strada. In ragione della sezione esigua si sono verificati, anche recentemente, fenomeni di esondazione del corso d’acqua in occasione di piogge intense o prolungate, che, a causa dell’intasamento della sezione del tubo hanno inoltre portato al ristagno di parte delle acque di esondazione in corrispondenza dell’area posta a monte del tracciato stradale della ex-SS42, realizzato in leggero rilievo rispetto alle aree adiacenti. Si tratta in ogni caso di fenomeni di esondazione caratterizzati da basse energie e da basse altezze del tirante idrico, data la morfologia pianeggiante dei siti.

Lo studio relativo alla perimetrazione della pericolosità fatta nell’ambito della legge 267/98 evidenzia una pericolosità da media a bassa nei settori posti a valle del canale idroelettrico mentre lo studio condotto dalla Regione, individua, per fenomeni estremi con mobilitazione di enormi quantità di materiale detritico, una fascia ad alta pericolosità disposta in asse all’alveo per tutto il settore del conoide posto a valle del canale idroelettrico. Tenendo conto della possibilità che eventi di colata possano dar luogo ad una parziale ostruzione del canale idroelettrico, sia pure con bassa probabilità data la sua posizione distale, e dei fenomeni di esondazione che si possono verificare in occasione di eventi di piena a carattere ordinario, fino al tracciato della ex-SS42 è stata segnalata una fascia allagabile adiacente il torrente a pericolosità media, e, in posizione esterna a questa una fascia a pericolosità bassa.

7.4. DINAMICA MORFOLOGICA RELATIVA AL FIUME OGLIO

La dinamica morfologica del fiume Oglio nel tratto in esame è attualmente caratterizzata da una certa tendenza ad approfondire il proprio alveo e dalla tendenza alla divagazione con erosione laterale relativamente intensa lungo le sponde esterne delle anse e lungo gli stessi tratti rettilinei.

La tendenza alla divagazione è evidente esaminando la posizione del fiume nelle cartografie degli ultimi decenni.

Su questa tendenza ha sicuramente esercitato un’influenza l’azione dell’uomo, sia con le opere realizzate per contenerne la tendenza alla divagazione sia, soprattutto, con l’escavazione di materiale inerte, che nei passati decenni è stata abbastanza intensa ed ha interessato direttamente anche i tratti immediatamente adiacenti al territorio di Artogne: subito a monte in sponda destra e subito a valle in sponda sinistra.

I tratti dove si riscontrano le maggiori modificazioni della posizione delle sponde sono infatti quasi tutti localizzati in prossimità di aree soggette ad attività estrattiva.

In riferimento alla tendenza alla divagazione anche lungo tratti relativamente rettilinei si ricordano i fenomeni di erosione di un tratto della sponda sinistra all’altezza della località Cà de l’Oi, avvenuto nel corso di una piena negli anni ottanta, in corrispondenza della quale sono state realizzate una scogliera in massi e calcestruzzo a protezione della base della sponda e delle gabbionate a protezione della parte superiore.

8. ANALISI SISMICA

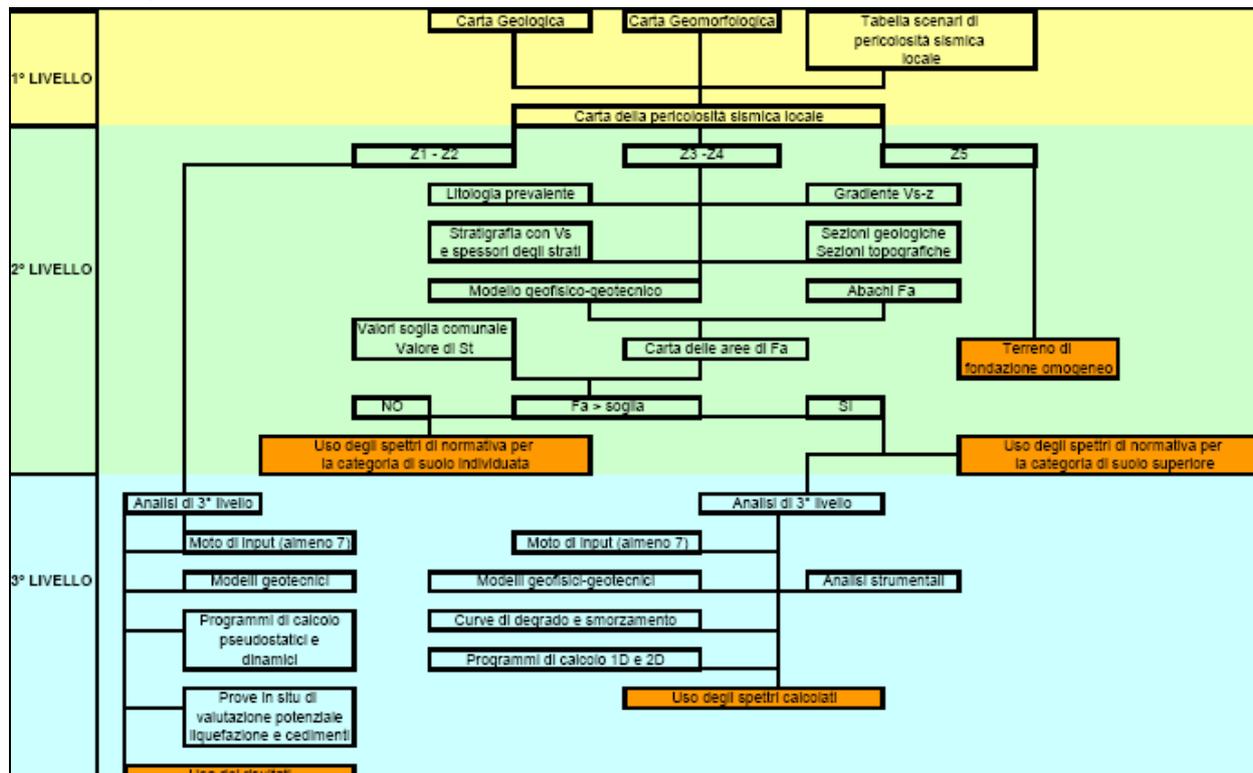
Questa fase dello studio è stata svolta secondo le procedure descritte nell’allegato 5 “ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL’ASPETTO SISMICO NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO” alla D.G.R. 8/7374 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12”.

8.1. LIVELLI DI APPROFONDIMENTO DELL’ANALISI SISMICA

La metodologia descritta nella legge sopra citata prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

- 1° livello di tipo qualitativo
- 2° livello di tipo semiquantitativo (curve di correlazione)
- 3° livello di tipo quantitativo.

I dati necessari e i percorsi da seguire nei tre livelli di approfondimento sono sintetizzati nel seguente diagramma di flusso riportato nelle procedure:



Il primo livello di analisi è relativo alla fase di pianificazione ed è obbligatorio per tutti i comuni della regione Lombardia con estensione a tutto il territorio comunale e consiste nell'individuazione di cinque scenari qualitativi Z1, Z2, Z3, Z4 e Z5 (paragrafo 8.2). Questa fase di analisi costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento e si concretizza con la stesura della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL).

Gli approfondimenti successivi non devono essere eseguiti nelle aree inedificabili. Nel caso dello scenario Z5 si esegue solo l'analisi di primo livello in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzione (nel permanere delle condizioni iniziali).

Per i comuni in zona sismica 3, come nel caso in esame, l'analisi di secondo livello è obbligatoria nelle aree PSL suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche (Z3) e litologiche (Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o nelle aree di espansione urbanistica. Per le aree PSL Z1 e Z2 non si applica il secondo livello, ma è previsto il passaggio diretto al terzo livello.

L'analisi di terzo livello è obbligatoria in fase di progettazione sia quando il secondo livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale (fattore di amplificazione (Fa) > del valore di soglia comunale) per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione (Z3 e Z4), sia per tutti gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (Z1 e Z2).

Infine, il terzo livello si applica in fase progettuale negli scenari Z3a e Z3b nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani.

Riassumendo, nei territori comunali classificati come "zona sismica 3", ai quali appartiene il comune di Artogne la normativa regionale prevede l'applicazione dei livelli successivi al primo secondo lo schema seguente:

		LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE		
		1° LIVELLO	2° LIVELLO	3° LIVELLO
		FASE PIANIFICATORIA	FASE PIANIFICATORIA	FASE PROGETTUALE
ZONA SISMICA 3	Obbligatorio		Si applica nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili.	Si applica: - nelle aree indagate con il 2° livello (Z3 e Z4) quando Fa calcolato > valore soglia comunale proposto dalla Regione. - nelle zone PSL Z1, Z2. - negli scenari Z3a e Z3b nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani.

8.2. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La Carta della Pericolosità Sismica Locale - scala 1:10.000 (Tavola 5) deriva dalle carte di base precedentemente descritte (Carta geolitologica, Carta idrogeologica e del sistema idrografico, Carta geomorfologica di inquadramento).

Attraverso lo schema fornito dalla Regione Lombardia (tabella seguente) sono state perimetrate le varie situazioni tipo, in grado di determinare diversi effetti sismici locali:

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITÀ 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, depositi altamente compressibili, ecc.). Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H>10m (scarpata, 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 e di pianura 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 (comprese 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

L'analisi sismica di primo livello applicata al territorio comunale di Artogne, ha evidenziato la presenza di aree ricadenti negli scenari di pericolosità sismica locale appartenenti alle classi Z1, Z3 e Z4.

L'area di fondovalle, interessata dai maggiori insediamenti, è sostanzialmente suddivisa nelle classi Z4a (depositi alluvionali) e Z4b (aree di conoide). Il settore orientale del paese di Artogne ricade in classe Z4d a causa della presenza di una coltre di origine eluvio-colluviale. Nella parte montana sono state individuate estese aree Z4c (coltri moreniche) e Z4d (terre di origine eluvio-colluviale). Di ragguardevole estensione sono le aree attribuibili alle classi Z1b e Z1c (frane quiescenti e potenziali) e le aree ricadenti in classe Z1a caratterizzate da movimenti franosi attivi.

Spesso le superfici degli scenari Z1 si sovrappongono ad aree degli scenari Z4.

Nel settore montano del territorio comunale, sono state anche individuate aree di amplificazione topografica Z3a (zone di ciglio con H>10m) e Z3b (zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo). Le zone Z3b individuate si trovano spesso in aree inedificabili.

Sono presenti sul territorio zone che potrebbero ricadere nello scenario Z2 ma, visti gli spessori modesti, tali zone non sono state considerate.

8.3. ANALISI DI SECONDO LIVELLO

Nella carta di Pericolosità Sismica Locale sono state, quindi, individuate tre tipologie di risposta sismica dei terreni: Z1, Z3 e Z4.

I territori individuati con le sigle Z3 e Z4, suscettibili di amplificazioni sismiche, rispettivamente topografiche e litologiche, sono obbligatoriamente da assoggettarsi ad approfondimento di secondo livello, secondo i criteri definiti dall'Allegato 5 della DGR 8/7374 del 28/05/08.

Tale approfondimento porta alla stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di Amplificazione sismica (Fa) e all'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di terzo livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

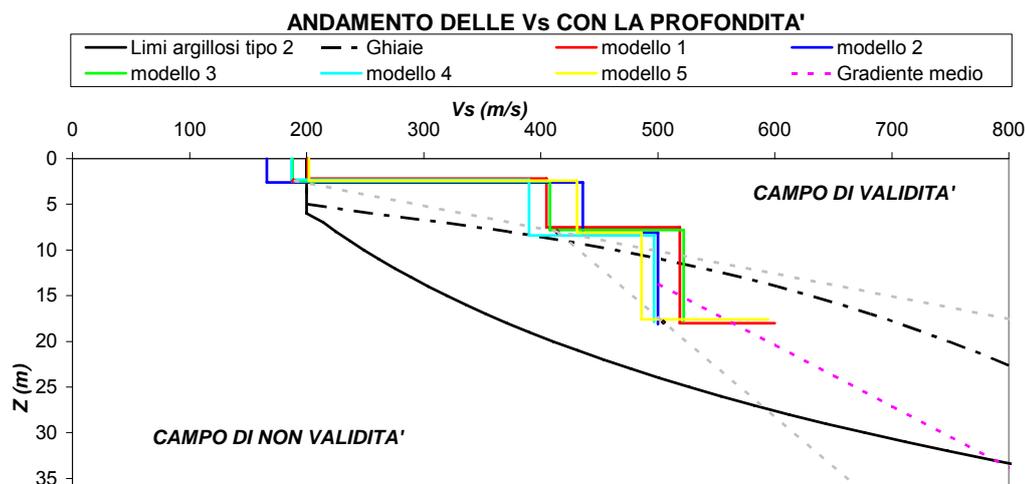
8.3.1. Effetti morfologici

Sono stati analizzati solo i due scenari di scarpata (Z3a) individuati in corrispondenza delle località Marochello e Plan di Montecampione, in quanto le creste rocciose e/o cocuzzoli presenti interessano aree inedificabili per le quali non è prevista l'analisi di secondo livello.

Entrambe le scarpate individuate nell'analisi di primo livello sono scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale e altezza del fronte principale superiore a 40m; l'inclinazione α del fronte principale è pari a circa 42° nel caso di Marochello e di 19° in corrispondenza di Plan di Montecampione. Sulla base di questi dati si è ottenuto il fattore di amplificazione $F_a=1.30$ in corrispondenza della scarpata di Marochello e $F_a=1.10$ in corrispondenza del ciglio di Plan; si tratta di valori inferiori a quello di S_t delle Norme Tecniche per le Costruzioni, ne segue che la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica dei siti.

8.3.2. Effetti litologici

Nel mese di novembre 2007, nella posizione indicata nella Carta della Pericolosità Sismica Locale – scala 1:10000, è stata svolta un'indagine sismica a rifrazione dal Dott. Geol. Massimo Compagnoni volta alla valutazione dei fenomeni di amplificazione litologica per la zona del conoide alluvionale (Z4b) che rappresenta la classe litologica interessata dai maggiori insediamenti attuali e futuri. Il tipo di analisi svolta permette di attribuire ai risultati ottenuti un grado di affidabilità medio-alto come definito dalla tabella 2 dell'allegato 5 alla D.G.R. 8/7374.



Il grafico mostra l'andamento di V_s con la profondità in corrispondenza di ogni punto di energizzazione (situazione molto omogenea): il gradiente, ipotizzato con assenza di inversioni di velocità, è ricavato come media tra i due gradienti minimo e massimo, calcolati linearmente sulla base rispettivamente dell'andamento delle V_s nei primi 10m e tra i 10 e i 20m di profondità. Dall'applicazione di quanto sopra si ottiene che il bedrock geofisico (depositi con $V_s > 800$ m/s) si colloca alla profondità di circa 30÷35m:

La scelta della scheda di valutazione più appropriata è controllata dalla litologia e dall'andamento delle V_s con la profondità: come evidente dal grafico sopra riportato, il limite di validità della scheda per la litologia ghiaiosa non è rispettato per velocità superiori a 500m/s, mentre il limite di validità della scheda per la litologia limoso-argillosa tipo 2 ben inviluppa l'andamento sperimentale delle V_s con la profondità.

Di seguito si riportano i 5 modelli monodimensionali individuati nella sezione geofisica con l'indicazione dello spessore e del valore di V_s di ciascun strato e il relativo valore del periodo proprio del sito (T) e del parametro V_{S30} :

Modello 1 (S1)		Modello 2 (S2)		Modello 3 (S3)		Modello 4 (S4)		Modello 5 (S5)	
S (m)	V_s (m/s)								
2.2	201	2.6	166	2.5	188	2.3	187	2.4	202
5.3	405	5.5	436	5.3	408	6.1	390	5.7	431
10.5	519	10.0	500	10.0	522	9.5	497	9.5	486
2	600	2	600	2	600	2	600	2	600
4	650	4	650	4	650	4	650	4	650
3	700	3	700	3	700	3	700	3	700
3	750	3	750	3	750	3	750	3	750
800		800		800		800		800	
T = 0.22 s		T = 0.22 s		T = 0.22 s		T = 0.23 s		T = 0.22 s	
$V_{S30} = 484$ m/s		$V_{S30} = 456$ m/s		$V_{S30} = 471$ m/s		$V_{S30} = 461$ m/s		$V_{S30} = 474$ m/s	

Per la valutazione del fattore di amplificazione litologica, sono state utilizzate le 2 schede citate allegate alla D.G.R. 8/7374, considerando come strato superficiale equivalente uno strato di spessore $7.5 \div 8.5$ m con V_s variabile tra 334 m/s e 363 m/s. Di seguito si riportano i valori del fattore di amplificazione calcolato per periodi $0.1 \div 0.5$ s e $0.5 \div 1.5$ s dovuto agli effetti litologici responsabili della modifica dell'evento atteso nell'area per un tempo di ritorno di 475 anni; inoltre si riportano i valori di soglia comunale validi per categorie di suolo B (i valori di V_{S30} corrispondenti variano approssimativamente tra i 450 e i 490 m/s):

Scheda	T (s)	$F_{a0.1-0.5}$	$F_{a0.1-0.5}$ (arrotondato)	$F_{a0.5-1.5}$	$F_{a0.5-1.5}$ (arrotondato)	$F_{a0.1-0.5_soglia}$	$F_{a0.5-1.5_soglia}$
G	0.22	1.35	1.40	1.10	1.10	1.40	1.70
	0.23	1.36	1.40	1.10	1.10		
LA2	0.22	1.62	1.60	1.16	1.20		
	0.23	1.65	1.70	1.17	1.20		

Assumendo i risultati ottenuti con la scheda G i limiti inferiori e i risultati ottenuti con la scheda LA2 i limiti superiori, si ottiene che i valori di F_a caratteristici dell'area in esame sono:

- $1.40 \leq F_{a0.1-0.5} \leq 1.70$
- $1.10 \leq F_{a0.5-1.5} \leq 1.20$.

Dal confronto con i valori di soglia comunale validi per categorie di suolo B, si conclude che:

- per l'intervallo di periodo $0.1 \div 0.5$ s, la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e risulta necessario, in fase di progettazione, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo C ($F_{a0.1-0.5_soglia} = 1.80$);
- per l'intervallo di periodo $0.5 \div 1.5$ s, la normativa è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e, quindi, si applica lo spettro di risposta previsto dalla normativa.

9. CARTA DEI VINCOLI

Questa carta riporta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico. Il quadro del dissesto vigente è stato in questa sede modificato con i risultati del presente studio geologico.

9.1. FASCE FLUVIALI (P. A. I.)

Si tratta della delimitazione delle fasce di pertinenza fluviale che individuano le aree soggette a diversi gradi di pericolosità idraulica.

L'alveo attuale del fiume Oglio coincide con la fascia fluviale A. Le aree appartenenti alla sottoclasse B corrispondono alla fascia di esondazione della piena di riferimento, stimata dall'Autorità di Bacino del fiume Po per un tempo di ritorno di 200 anni. Queste aree si trovano in corrispondenza della piana di fondovalle, su entrambe le sponde in prossimità dell'alveo del fiume e, per un tratto posto al confine con il comune di Gianico, anche in posizione esterna rispetto al rilevato della SS42.

Le aree comprese tra la fascia B e la fascia C sono quelle interessate da esondazione per piena catastrofica così individuate all'Autorità di Bacino del fiume Po. Le aree corrispondono ai settori della piana di fondovalle situati a distanze fino a 700 m dall'alveo del fiume.

9.2. QUADRO DEL DISSESTO

Il quadro del dissesto proposto risulta suddiviso in quattro aree indicative del tipo di dissesto individuato:

1. Frane

- F_a (aree interessate da frane attive – pericolosità molto elevata)
- F_q (aree interessate da frane quiescenti – pericolosità elevata)
- F_s (aree interessate da frane stabilizzate – pericolosità media o moderata)

2. Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste d'acqua

- E_e (aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata)
- E_m (aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata)

3. Aree interessate da fenomeni di trasporto di massa sui conoidi

- C_a (aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte)
- C_p (aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte)
- C_n (aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa)

4. Valanghe

- V_a (area con pericolosità molto elevata o elevata non perimetrata)

9.3. AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

Le aree di tutela assoluta sono comprese nella circonferenza di raggio 10m dalla sorgente captata e utilizzata a scopo idropotabile, mentre la zona di rispetto è stata localizzata attenendosi al criterio geometrico che prevede la definizione della porzione di territorio racchiusa entro un cerchio di raggio 200m con centro nel punto di captazione estesa idrogeologicamente a monte dell'opera di presa e delimitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazione stessa.

Le norme relative alle aree di rispetto devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693: "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto".

10. CARTA DI SINTESI

Lo studio geologico del territorio del comune di Artogne ha evidenziato la presenza di una serie di fenomeni, sia in atto sia quiescenti, che rappresentano una forma di limitazione dell'uso del territorio e che in alcuni casi possono costituire un pericolo diretto a persone o ad opere. La carta di sintesi redatta in scala 1:5.000 fornisce, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio e rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che le genera.

La carta risulta costituita da una serie di poligoni che definiscono una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto idrogeologico, in atto o potenziale o da vulnerabilità idrogeologica.

10.1. AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

10.1.1. Corpo di frana superficiale attiva

Le aree di frana superficiale attiva si trovano in sinistra del torrente Re, le maggiori estensioni interessano il tratto che va dalla confluenza con la valle dell'Inferno fino all'apice del conoide.

10.1.2. Corpo di frana superficiale quiescente con evidenze di riattivazione recente

Le aree di frana superficiale quiescente che presentano evidenze di riattivazione si trovano prevalentemente a monte dell'abitato di Artogne.

10.1.3. Corpo di frana superficiale quiescente senza evidenze di riattivazione recente

Le aree di frana superficiale quiescente che non presentano evidenze di riattivazione recente si trovano principalmente lungo il tratto montano del torrente Re e nei dintorni di Dosso Superiore e Dosso Inferiore.

10.1.4. Aree a franosità superficiale attiva diffusa

In questa classe rientra un'estesa fascia in destra idrografica del torrente Bassinaletto e del tratto montano del torrente Re. Si tratta di aree caratterizzate dalla presenza di diffusi fenomeni franosi, rappresentati da forme di scivolamento o colata, in genere di piccole dimensioni, e di diffusi fenomeni di degradazione, forme di erosione da ruscellamento, che potrebbero evolvere in fenomeni di maggiore intensità, determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali. I fenomeni presenti in queste aree sono legati sia alla forte pendenza media dei siti, sia alla presenza di orizzonti superficiali poco addensati e con granulometria relativamente fine.

10.1.5. Aree interessate da deformazioni gravitative profonde di versante attive

In questa classe rientrano i corpi di frana profonda attiva che interessano il piede del versante sinistro della valle de torrente Re, compreso tra l'apice del conoide ed il primo tratto della val Maione.

10.1.6. Aree immediatamente a monte delle frane gravitative profonde attive e a monte delle aree a franosità superficiale diffusa

Trattasi di una fascia di raccordo/separazione fra le aree attive e quiescenti delle frane profonde, sul versante sinistro del torrente Re e di una fascia di separazione tra le aree a franosità superficiale diffusa e le sovrastanti aree stabili, sul versante destro.

10.1.7. Aree interessate da deformazioni gravitative profonde quiescenti con evidenze di riattivazione recente

Nella carta di sintesi è stata fatta una distinzione fra le aree che presentano, oltre ai segni di riattivazione recente, anche fenomeni diffusi di degradazione. Appartengono alle prime aree le zona in leggero declivio dove sorgono le abitazioni del nucleo di Acquebone mentre appartengono alle seconde le aree immediatamente a monte caratterizzate da pendenza più elevata.

10.1.8. Aree interessate da deformazioni gravitative profonde quiescenti senza evidenze di riattivazione recente

Si tratta di aree interessate dai fenomeni gravitativi che interessano ampi settori del territorio comunale, tra Acquebone e Montecampione, a monte delle Pateghe con particolare evidenza lungo il torrente Bassinaletto e lungo il torrente Maione.

10.1.9. Scarpate di frana acclivi

Trattasi della fascia acclive situata al limite sinistro del corpo franoso profondo che si sviluppa tra Acquebone e Montecampione, che raccorda tale area con la dorsale Dosso Superiore-Lapide.

10.1.10. Aree interessate da deformazioni gravitative profonde inattive

Le aree di frana profonda inattiva interessano un'area molto ampia compresa tra il torrente Bassinaletto e il torrente Maione, la zona di Montecampione, San Maurizio, Moliner, Roncasello e un'ampia area a monte di località Frise.

10.1.11. Pareti rocciose e versanti acclivi

In tale area omogenea sono racchiuse le pareti rocciose ed i versanti con acclività elevata, o, acclività medio alta associata a fenomeni di degradazione.

10.1.12. Versanti caratterizzati da acclività media e versanti poco acclivi

Nel presente studio, l'individuazione delle dinamiche geologiche e morfologiche è stata integrata dalla suddivisione del territorio in funzione dell'acclività, nelle porzioni della carta di sintesi non coperte da alcun elemento grafico.

In particolare, sono stati distinti i versanti caratterizzati da pendenze medie comprese tra 20° e 35° e i versanti con inclinazioni inferiori a 20°.

10.1.13. Falde di detrito quiescenti

Si tratta delle aree situate in corrispondenza delle zone di accumulo dei blocchi in caduta da pareti rocciose episodicamente interessate da fenomeni di distacco e caduta massi.

10.1.14. Canaloni di valanga e zona di accumulo delle valanghe

Le informazioni relative alla localizzazione di questi fenomeni sono state tratte dalla Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe disponibile in rete fra i sistemi informativi della regione Lombardia.

10.2. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

10.2.1. Ristagno superficiale e venute idriche

Sono le aree caratterizzate dalla presenza, stagionale o perenne, di ristagni d'acqua o dalla venuta a giorno delle acque sotterranee che mantengono saturi i terreni. Talvolta, oltre alle problematiche connesse alla presenza di acqua in superficie, queste aree sono associate alla presenza di terreni con caratteristiche mediocri o scadenti.

10.2.2. Aree a bassa soggiacenza della falda

Tutta la zona compresa nella fascia fluviale C del PAI e una parte del settore orientale dell'abitato sono caratterizzate dall'aver la falda prossima al piano campagna. Questo fatto richiede particolare attenzione nella definizione delle problematiche geotecniche dei terreni.

10.3. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

10.3.1. Fasce fluviali del fiume Oglio (P.A.I.)

Sono le aree potenzialmente alluvionabili da parte del fiume Oglio individuate nella cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po.

10.3.2. Aree di pertinenza dei corsi d'acqua

Corrispondono alla sede dei corsi d'acqua interessata dal deflusso in condizioni ordinarie.

10.3.3. Area di esondazione dei torrenti nella zona montana

Si tratta della possibile riattivazione di un paleoalveo posto in destra idrografica del torrente Corazzino.

10.3.4. Area interessata da erosione fluviale di sponda

Area corrispondente alle sponde di corsi d'acqua interessati da fenomeni di erosione che possono portare ad un allargamento dell'alveo con eventuale innesco di fenomeni franosi delle sponde.

10.3.5. Aree allagabili in seguito ad eventi meteorici eccezionali

Si tratta del tratto inferiore della val Vedetta, a valle del canale idroelettrico, dove la sezione disponibile è, in caso di assenza di derivazione da parte del canale idroelettrico, insufficiente al deflusso della portata liquida e si ha un'ampia fascia potenzialmente alluvionabile. Tali aree sono state distinte, con criteri geomorfologici, in aree adiacenti e aree in prossimità del corso d'acqua corrispondenti a diverse classi di pericolosità.

10.3.6. Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito su conoide

La pericolosità geomorfologica delle aree dei conoidi alluvionali presenti nel territorio comunale di Artogne è legata alla possibilità che si verifichino fenomeni di esondazione e fenomeni di deposizione di colate detritico-fangose da parte dei torrenti in ragione delle condizioni morfologiche dei rispettivi bacini idrografici. La perimetrazione della pericolosità è stata fatta in riferimento alle caratteristiche geomorfologiche del conoide e alle opere di difesa presenti, individuando i percorsi preferenziali di deflusso delle acque di esondazione o delle colate ed è descritta nel capitolo 7.

Questa fase dello studio è stata svolta iniziando le classi di pericolosità così come descritte nell'allegato 2 "PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA" alla D.G.R. 8/1566 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12".

Pericolosità molto alta (H5)

Sono le aree corrispondenti all'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena; in questa classe rientra l'alveo del torrente Re.

Pericolosità alta (H4)

Aree con alta probabilità di essere interessate da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido e con danneggiamento di opere e manufatti. Rientrano in questa classe le aree situate a ridosso dell'alveo del torrente Re lungo il proprio conoide e tutto il settore apicale e medio del conoide del torrente Valzello-Pelucco.

Pericolosità media (H3)

Aree interessate in passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; aree con moderata probabilità di essere esposte a fenomeni alluvionali (esondazione) ed a erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiale sabbioso-ghiaiosi.

Pericolosità bassa (H2)

Aree mai interessate nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o aree protette da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessate da fenomeni di dissesto. Questa classe comprende aree situate in posizione relativamente esterna rispetto l'asse del conoide del torrente Re.

Pericolosità molto bassa (H1)

Aree che per le caratteristiche morfologiche hanno basse o nulle probabilità di essere interessate dai fenomeni di dissesto. In questa classe ricade tutto il settore centrale e laterale del conoide del torrente Re.

10.4. AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

10.4.1. Aree con riporti di materiale

Aree caratterizzate dalla presenza di materiale riportato artificialmente che può comportare l'insorgere di problematiche di carattere geotecnico relativamente ad eventuali disomogeneità di composizione e di addensamento del deposito. Queste problematiche possono essere superate con relativa facilità sulla base di indagini di approfondimento delle caratteristiche geotecniche del materiale.

10.4.2. Aree caratterizzate da depositi superficiali fini con caratteristiche geotecniche scadenti

Sono le aree caratterizzate dallo strato superficiale formato da terreni a granulometria fine, limoso-argillosa o torbosa, non addensati e con comportamento geotecnico mediocre o scadente.

11. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

La situazione geologica e morfologica (acclività, elementi geologici, scenari di evoluzione e grado di pericolosità) riassunta nella carta di sintesi viene ulteriormente semplificata mediante l'attribuzione delle classi di fattibilità geologica: per le singole aree di ciascuna classe vengono descritte le caratteristiche principali e sono fornite le indicazioni generali in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici ed agli studi o alle indagini necessarie per eventuali approfondimenti.

L'attribuzione delle classi di fattibilità avviene attraverso due fasi: nella prima viene attribuito un valore di fattibilità di ingresso a ciascun poligono a seconda del grado di pericolosità; successivamente il valore della classe di fattibilità può essere aumentato o diminuito in base a precise valutazioni. Tuttavia non possono essere variati i valori delle classi di ingresso per le aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide, le aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno.

Nel caso in cui nei poligoni della carta di sintesi siano presenti contemporaneamente più aree omogenee per pericolosità e/o vulnerabilità, la classe di fattibilità viene aumentata solo in caso di interazione fra i fenomeni, viceversa coesistono le classi di fattibilità corrispondenti e derivate dalla carta di sintesi (in carta viene indicato il valore maggiore) e vigono le prescrizioni per ciascuno degli ambiti rappresentati.

Il grado di fattibilità espresso, non è definitivo ma può essere modificato nel tempo, in relazione a cambiamenti delle condizioni generali delle aree oppure in seguito a studi specifici di approfondimento. A tale riguardo, sono state apportate le seguenti modifiche sostanziali (da classe 4 a classe 3) alla carta di fattibilità dello studio geologico precedente:

- conoide del torrente Re: è stata ridotta la fascia in classe 4 a ridosso dell'alveo in seguito ai risultati dello studio idraulico effettuato con un notevole aumento delle sezioni considerate ed alla modellazione con software dedicato;
- la porzione di conoide del torrente Pelucco a destra dalla strada che conduce all'apice del conoide è stata considerata a pericolosità media per la netta separazione creata dal muro della strada e, di conseguenza, inserita in classe 3.

Con riferimento alle tavole 8a e 8b "Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano" scala 1:5.000, sono state individuate le classi di fattibilità 1, 2, 3 e 4. L'attribuzione delle classi di fattibilità a partire dalla carta di sintesi è stata svolta come riassunto nella tabella riportata nella pagina seguente.

CARTA DI SINTESI		CARTA DI FATTIBILITÀ	
Descrizione del fenomeno		Classe	Sottoclasse
<u>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti</u>			
Corpo di frana superficiale attiva		4	-
Corpo di frana superficiale quiescente con evidenze di riattivazione recente		4	-
Corpo di frana superficiale quiescente senza evidenze di riattivazione recente		4	-
Aree a franosità superficiale attiva diffusa		4	-
Aree interessate da deformazioni gravitative profonde di versante attive		4	-
Aree interessate da deformazioni gravitative profonde quiescenti con evidenze di riattivazione recente e diffusi fenomeni di degradazione		4	-
Aree interessate da deformazioni gravitative profonde quiescenti con evidenze di riattivazione recente		3	Q
Aree immediatamente a monte delle frane gravitative profonde attive e/o quiescenti con evidenze di riattivazione recente		4	-
Aree interessate da deformazioni gravitative profonde quiescenti senza evidenze di riattivazione recente		3	q
Scarpate di frana acclivi		4	-
Aree interessate da deformazioni gravitative profonde inattive		3	i
Pareti rocciose e versanti acclivi		4	-
Versanti caratterizzati da acclività media		3	s
Versanti poco acclivi		2	t
Falde di detrito quiescenti		4	-
Zona di accumulo delle valanghe		4	-
<u>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</u>			
Aree a bassa soggiacenza della falda o fenomeni di ristagno superficiale e venute idriche		2	h
<u>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</u>			
Fasce fluviali del fiume Oglio (P. A. I.)	Aree comprese nella fascia A	4	A
	Aree comprese tra il limite della fascia A e della B	3	B
	Aree comprese tra il limite della fascia B e della C	3	C
Aree di pertinenza dei corsi d'acqua		4	-
Area di esondazione dei torrenti nella zona montana		4	-
Area interessata da erosione fluviale di sponda		4	-
Aree allagabili in seguito ad eventi meteorici eccezionali adiacenti al corso d'acqua (Val Vedetta)		3	V
Aree allagabili in seguito ad eventi meteorici eccezionali in prossimità del corso d'acqua (Val Vedetta)		2	V
Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito sui conoidi Re e Pelucco	Pericolosità molto alta (H5)	4	-
	Pericolosità alta (H4)	4	-
	Pericolosità media (H3)	3	R / P
	Pericolosità bassa (H2)	2	R
	Pericolosità molto bassa (H1)	1	-
<u>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</u>			
Aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche mediocri o scadenti e aree in corrispondenza di materiale di riporto		2	g

11.1. CLASSE 1 - FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso, purché questi vengano realizzati nel rispetto delle normative esistenti (D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, D. M. 14/09/2005 e D. M. 14/01/2008).

11.2. CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario svolgere approfondimenti di carattere geologico-tecnico

e/o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica, le quali non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe.

La classe comprende quattro insiemi di aree in riferimento alle differenti categorie di pericolosità che le contraddistinguono.

11.2.1. Sottoclasse t

Comprende le aree caratterizzate da bassa acclività dei siti, indicativamente inferiore a 20°, con potenziali problematiche legate alla stabilità dei versanti.

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3 del D.P.R. 380/2001 lettere a), b), c) sugli edifici e i manufatti esistenti.

Per tutti gli altri interventi si rendono necessarie opportune indagini geologico-geomorfologiche, che permettano di riconoscere le corrette modalità di realizzazione in riferimento alla relativa acclività dei siti ed alle caratteristiche geotecniche dei terreni, peraltro generalmente da buone a discrete. Tali verifiche saranno eseguite ai sensi del D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, del D. M. 14/09/2005 e del D. M. 14/01/2008.

11.2.2. Sottoclasse h

Indica le aree caratterizzate dalla presenza di condizioni idrogeologiche particolari, come fenomeni di ristagno d'acqua in superficie o di falda prossima al piano campagna, che contribuiscono allo scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni e che possono interferire negativamente con gli interventi in progetto.

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del D.P.R. 380/2001.

Ogni altro intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine geologica, sulla base di una campagna geognostica ed idrogeologica adeguata all'importanza dell'intervento, mirata alla ricostruzione di dettaglio della situazione idrogeologica al contorno ed alla relativa influenza sulle problematiche di carattere geotecnico, con particolare riguardo per l'influenza sulle condizioni di stabilità e sui cedimenti delle fondazioni. Tali verifiche saranno eseguite ai sensi del D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, del D. M. 14/09/2005 e del D. M. 14/01/2008.

11.2.3. Sottoclassi R, V

Aree potenzialmente interessate da deviazioni delle acque di piena a bassa energia idraulica a pericolosità bassa (H2).

Le aree appartenenti a queste sottoclassi sono caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica H2 per potenziali fenomeni di esondazione e propagazione di eventuali colate detritico-fangose da parte del torrente Re (R) e del torrente della val Vedetta (V).

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b) e c) del D.P.R. 380/2001.

Per tutti gli altri interventi si rende necessario uno studio specifico mirato alla definizione degli opportuni accorgimenti per la mitigazione del particolare rischio riscontrato.

Indicazioni generali (da verificare in funzione degli interventi e delle condizioni locali: morfologia, topografia, presenza di depressioni, ostacoli al deflusso delle acque, ecc.):

- Realizzare le superfici abitabili e le aree sede dei processi industriali e degli impianti tecnologici, ad una quota superiore al piano campagna, modellando la superficie topografica esterna nei pressi degli edifici, in modo da deviare le acque di un'eventuale esondazione proveniente da monte, dalle superfici di utilizzo. Tali quote dovranno essere definite in dettaglio considerando le condizioni morfologiche e topografiche locali, tenendo conto della presenza di eventuali depressioni che possano determinare l'accumulo delle acque di esondazione o di elementi (sottopassi, muri, rilevati) che possono costituire un ostacolo al deflusso delle acque.
- Realizzare i locali interrati in modo tale che non possano essere raggiunti ed allagati da eventuali acque di esondazione.
- Evitare l'impermeabilizzazione delle superfici libere.
- Interrare completamente i serbatoi per combustibili.
- Progettare la viabilità minore, la disposizione degli edifici e la morfologia delle aree libere in modo tale da evitare la concentrazione delle acque di esondazione lungo vie preferenziali di deflusso, che non siano alvei di corsi d'acqua o linee di drenaggio appositamente progettate.
- Favorire il deflusso delle acque evitando recinzioni cieche.

11.2.4. Sottoclasse g

Nelle aree contrassegnate con tale sigla è stata individuata la possibile presenza di terreni a comportamento geotecnico mediocre o scadente o terreni riportati.

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del D.P.R. 380/2001.

Ogni altro intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine geologica, sulla base di una campagna geognostica ed idrogeologica adeguata all'importanza dell'intervento, mirata alla definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni e all'analisi delle problematiche geotecniche in funzione del tipo di intervento e della complessità dell'opera. Tali verifiche verranno

eseguite ai sensi del D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, del D. M. 14/09/2005 e del D. M. 14/01/2008.

11.3. CLASSE 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

In questa classe ricadono le zone per le quali si sono riscontrate consistenti limitazioni alla modifica di destinazione d'uso dei terreni per l'entità e la natura delle pericolosità individuate.

L'utilizzo di queste zone sarà subordinato a supplementi d'indagine finalizzati all'acquisizione di una maggiore conoscenza geotecnica e geomeccanica dell'area di intervento e di un significativo intorno mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché studi tematici specifici (idraulici, idrogeologici, podologici, ecc.). Tali studi, eseguiti ai sensi del D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, del D. M. 14/09/2005 e del D. M. 14/01/2008, saranno finalizzati alla risoluzione degli elementi caratterizzanti la pericolosità insistente nell'area.

In carta sono evidenziate le tipologie dei fenomeni che concorrono alla caratterizzazione di dettaglio del pericolo attraverso le seguenti sottoclassi:

- 3Q, 3q e 3i: pericolosità morfologica relativa a fenomeni di frana nei settori meno attivi delle deformazioni gravitative profonde
- 3s: pericolosità morfologica legata all'acclività dei versanti
- 3B, 3C, 3V e 3R/P: fenomeni di esondazione o colata da parte dei corsi d'acqua nella piana di fondovalle e nelle zone di conoide, comprendendo le aree appartenenti alle Fasce Fluviali B e C del PAI relative al fiume Oglio (fattori limitanti B, C), le zone di potenziale esondazione nel settore distale del conoide della Val Vedetta e i settori dei conoidi alluvionali dei torrenti Re di Artogne e Pelucco che rientrano nella classe di pericolosità H3.

In alcune aree le limitazioni relative alla classe di fattibilità 3 si sovrappongono anche a limitazioni relative a problematiche di carattere geotecnico ed idrogeologico (fattori limitanti g e h) che devono comunque essere considerate negli approfondimenti di indagine.

11.3.1. Sottoclasse Q

Con questa sigla sono indicate le aree di versante interessate da deformazioni gravitative profonde (da estremamente a molto lente) quiescenti con evidenze di riattivazione recente. Trattasi di quattro aree site in frazione Acquebone: tre molto limitate nei pressi di alcuni edifici residenziali abitati ed una un po' più vasta a valle ed a monte della chiesa. Il fenomeno franoso si manifesta con la presenza di fessure in alcuni edifici che, tuttavia, non hanno determinato l'inagibilità dei fabbricati, nonostante il fenomeno sia presente da tempo.

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b) e c) del D.P.R. 380/2001.

La realizzazione degli altri interventi dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica e geomorfologica (ai sensi del D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, del D. M. 14/09/2005 e del D. M. 14/01/2008) dei settori di versante che possono determinare condizioni di pericolosità per le aree interessate dalle opere o che possono risentire della realizzazione degli interventi. L'estensione dell'area d'indagine dovrà essere valutata in ragione delle condizioni locali; nella relazione dovranno essere riportate le analisi di stabilità ritenute significative e proposti gli interventi di mitigazione del rischio.

In fase progettuale dovrà essere svolta anche l'analisi sismica di terzo livello secondo le indicazioni riportate nell'allegato 5 "ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO" alla D.G.R. 8/7374 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12".

E' altresì necessario ricorrere a materiali e tipologie costruttive consone al contesto di dissesto rilevato, adottando soluzioni tecniche che consentano di realizzare strutture in grado di tollerare deformazioni maggiori a quelle normalmente considerate.

Per queste aree si consiglia, infine, di realizzare sistemi di controllo dell'evoluzione dei fenomeni in grado di valutare la riattivazione o accelerazione dei fenomeni gravitativi e di intervenire a livello preventivo per evitare l'insorgere di nuovi fenomeni.

Tali interventi preventivi possono consistere in:

- manutenzione dei muri di sostegno esistenti;
- ripristino o mantenimento di una copertura vegetale in grado di proteggere il terreno dall'erosione senza creare problemi di sovraccarico;
- organizzazione delle acque di scorrimento superficiale e di quelle raccolte dalle superfici impermeabili in modo da evitare fenomeni di concentrazione locale con erosione o saturazione dei terreni.

11.3.2. Sottoclasse q

Con questa sigla sono indicate le aree di versante interessate da deformazioni gravitative profonde (da estremamente a molto lente) quiescenti senza evidenze di riattivazione recente. Si tratta di aree interessate dai fenomeni gravitativi che interessano ampi settori del territorio comunale, tra Acquebone e Montecampione, a monte delle Pateghe e sui versanti di sinistra del torrente Bassinaletto e del torrente Maione.

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b) e c) del D.P.R. 380/2001.

La realizzazione degli altri interventi dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica e geomorfologica (ai sensi del D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, del D. M. 14/09/2005 e del D. M. 14/01/2008) dei settori di versante che possono determinare condizioni di pericolosità per le aree interessate dalle opere o che possono risentire della realizzazione degli interventi. L'estensione dell'area d'indagine dovrà essere valutata in ragione delle condizioni locali; nella relazione dovranno essere riportate le analisi di stabilità ritenute significative e proposti gli interventi di mitigazione del rischio.

In fase progettuale dovrà essere svolta anche l'analisi sismica di terzo livello secondo le indicazioni riportate nell'allegato 5 "ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO" alla D.G.R. 8/7374 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12".

E' altresì necessario ricorrere a materiali e tipologie costruttive consone al contesto di dissesto rilevato, adottando soluzioni tecniche che consentano di realizzare strutture in grado di tollerare deformazioni maggiori a quelle normalmente considerate.

Per queste aree si consiglia, infine, di realizzare sistemi di controllo dell'evoluzione dei fenomeni in grado di valutare la riattivazione o accelerazione dei fenomeni gravitativi e di intervenire a livello preventivo per evitare l'insorgere di nuovi fenomeni.

Tali interventi preventivi possono consistere in:

- manutenzione dei muri di sostegno esistenti;
- ripristino o mantenimento di una copertura vegetale in grado di proteggere il terreno dall'erosione senza creare problemi di sovraccarico;
- organizzazione delle acque di scorrimento superficiale e di quelle raccolte dalle superfici impermeabili in modo da evitare fenomeni di concentrazione locale con erosione o saturazione dei terreni.

11.3.3. Sottoclasse i

Con questa sigla sono indicate le aree di versante interessate da deformazioni gravitative profonde inattive.

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b) e c) del D.P.R. 380/2001.

La realizzazione degli altri interventi dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica e geomorfologica (ai sensi del D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, del D. M. 14/09/2005 e del D. M. 14/01/2008) dei settori di versante che possono determinare condizioni di pericolosità per le aree interessate dalle opere o che possono risentire della realizzazione degli interventi. L'estensione dell'area d'indagine dovrà essere valutata in ragione delle condizioni locali; nella relazione dovranno essere riportate le analisi di stabilità ritenute significative e proposti gli interventi di mitigazione del rischio.

In fase progettuale dovrà essere svolta anche l'analisi sismica di terzo livello secondo le indicazioni riportate nell'allegato 5 "ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO" alla D.G.R. 8/7374 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12".

Nonostante la sostanziale inattività delle deformazioni gravitative si ritiene necessario realizzare strutture in grado di tollerare deformazioni maggiori a quelle normalmente considerate.

Per queste aree si consiglia, infine, di favorire e curare una gestione che consenta di seguire l'evoluzione dei fenomeni esistenti e di intervenire a livello preventivo per evitare l'insorgere di nuovi fenomeni. Tali interventi preventivi possono consistere in:

- manutenzione dei muri di sostegno esistenti;
- ripristino o mantenimento di una copertura vegetale in grado di proteggere il terreno dall'erosione senza creare problemi di sovraccarico;
- organizzazione delle acque di scorrimento superficiale e di quelle raccolte dalle superfici impermeabili in modo da evitare fenomeni di concentrazione locale con erosione o saturazione dei terreni.

11.3.4. Sottoclasse s

Questa sottoclasse comprende i settori caratterizzati da pendenze da medie a elevate, indicativamente comprese tra 20° e 35°, con potenziali problematiche legate alla stabilità dei versanti.

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3 del D.P.R. 380/2001 lettere a), b), c).

La realizzazione degli altri interventi dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica e geomorfologica (ai sensi del D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, del D. M. 14/09/2005 e del D. M. 14/01/2008) dei settori di versante che possono determinare condizioni di pericolosità per le aree interessate dalle opere o che possono risentire della realizzazione degli interventi. L'estensione dell'area d'indagine dovrà essere valutata in ragione delle condizioni locali; nella relazione dovranno essere riportate le analisi di stabilità ritenute significative e proposti gli interventi di mitigazione del rischio.

Per queste aree si consiglia di favorire e curare una gestione che consenta di seguire l'evoluzione dei fenomeni esistenti e di intervenire a livello preventivo per evitare l'insorgere di nuovi fenomeni. Tali interventi preventivi possono consistere in:

- manutenzione dei muri di sostegno esistenti;
- ripristino o mantenimento di una copertura vegetale in grado di proteggere il terreno dall'erosione senza creare problemi di sovraccarico;
- organizzazione delle acque di scorrimento superficiale e di quelle raccolte dalle superfici impermeabili in modo da evitare fenomeni di concentrazione locale con erosione o saturazione dei terreni.

11.3.5. Sottoclassi B e C

La sottoclasse B si riferisce alle aree comprese nella fascia di esondazione del fiume Oglio, mentre la sottoclasse C si riferisce all'area di esondazione per piena catastrofica.

I vincoli e le prescrizioni per le aree compresi entro le Fasce Fluviali A e B sono contenuti nelle Norme di Attuazione del PAI (al Titolo II - in particolare gli articoli 29, 30, 38, 39, 40 e 41) alle quali si rimanda per la trattazione completa, mentre in questa sede sono stati riportati solo alcuni commi relativi all'articolo 39, riguardanti gli indirizzi alla pianificazione urbanistica.

Indagini richieste Per le aree comprese nella fascia B del PAI, come nella fascia A, sono consentiti (Art. 39, Comma 3) gli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del DPR 380/2001, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio. Per questi interventi non si rendono necessarie integrazioni di carattere geologico.

Nei territori della Fascia B sono inoltre consentite (Art. 39, Comma 4):

- opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o di volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
Per questi interventi si rende quindi necessario uno studio idraulico specifico, realizzato secondo le indicazioni della normativa PAI, mirato alla definizione della quota delle superfici abitabili, compatibile con la piena di riferimento. Le indagini dovranno essere comprensive di verifiche idrauliche accurate che tengano conto dei valori di portata $T=200$ anni e di sezioni d'alveo ricavate da rilievi di dettaglio estesi al tratto di corso d'acqua a monte ed a valle dell'area d'interesse fino ad una distanza significativa.
- interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o di volume, non superiore a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime a condizione che gli stessi non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
Per questi interventi si rende quindi necessario uno studio idraulico specifico, realizzato secondo le indicazioni della normativa PAI, mirato alla definizione del volume potenzialmente allagabile.
- interventi di adeguamento igienico-funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto.
Per questi interventi si rende necessario uno studio idraulico specifico mirato alla definizione degli opportuni accorgimenti per la mitigazione del rischio riscontrato.

Nei territori della fascia C le indicazioni generali per le nuove edificazioni sono le seguenti:

- Realizzare le superfici abitabili ad una quota superiore al piano campagna locale di almeno 1.20m, salvo diversa indicazione ricavata da uno *studio idraulico/morfologico specifico, mirato alla definizione della quota delle superfici abitabili, compatibile con la piena catastrofica.*
- Realizzare eventuali locali interrati o seminterrati da destinare a cantine od autorimesse adottando accorgimenti costruttivi, relativi alla disposizione dei locali e delle aperture, alle reti tecnologiche, ai materiali ed alle tecniche da utilizzare, in grado di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti sia in termini di danno materiale sia di pericolo per l'incolumità delle persone.

- Adattare le superfici dei lotti esterne agli edifici al fine di evitare l'accumulo ed il ristagno delle acque di esondazione.
- Evitare l'impermeabilizzazione delle superfici libere.
- Interrare completamente i serbatoi per combustibili.

Nei territori della fascia C per gli edifici esistenti non ci sono specifiche sulle quote da mantenere. In sede di intervento si valuterà, in seguito a *studio idraulico/morfologico specifico*, l'opportunità di adottare accorgimenti, come modifiche o chiusure di aperture esistenti oppure realizzazione di protezioni o di aperture con chiusure a tenuta stagna, che consentano di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti.

11.3.6. Sottoclassi R, P, V

Le aree appartenenti a queste sottoclassi sono caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica H3 per potenziali fenomeni di esondazione e propagazione di eventuali colate detritico-fangose da parte del torrente Re (R), del torrente Pelucco (P) e del torrente della val Vedetta (V).

Indagini richieste: non sono necessarie integrazioni di carattere geologico per gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b) e c) del D.P.R. 380/2001.

Per tutti gli altri interventi si rende necessario uno studio specifico mirato alla definizione degli opportuni accorgimenti per la mitigazione del particolare rischio riscontrato.

Indicazioni generali (da verificare in funzione degli interventi e delle condizioni locali: morfologia, topografia, presenza di depressioni, ostacoli al deflusso delle acque, ecc.):

- Realizzare le superfici abitabili e le aree sede dei processi industriali e degli impianti tecnologici, ad una quota superiore al piano campagna, modellando la superficie topografica esterna nei pressi degli edifici, in modo da deviare le acque di un eventuale esondazione proveniente da monte, dalle superfici di utilizzo. Tali quote dovranno essere definite in dettaglio considerando le condizioni morfologiche e topografiche locali, tenendo conto della presenza di eventuali depressioni che possano determinare l'accumulo delle acque di esondazione o di elementi (sottopassi, muri, rilevati) che possono costituire un ostacolo al deflusso delle acque.
- Per quanto riguarda gli edifici esistenti, in sede di manutenzione straordinaria o di ristrutturazione si valuterà l'opportunità di adottare accorgimenti, come modifiche o chiusure di aperture esistenti oppure realizzazione di protezioni o di aperture con chiusure a tenuta stagna, che consentano di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti.
- I locali interrati dovranno essere realizzati in modo tale che non possano essere raggiunti ed allagati da eventuali acque di esondazione.
- Evitare l'impermeabilizzazione delle superfici libere.
- Interrare completamente i serbatoi per combustibili.
- Progettare la viabilità minore, la disposizione degli edifici e la morfologia delle aree libere in modo tale da evitare la concentrazione delle acque di esondazione lungo vie preferenziali di deflusso, che non siano alvei di corsi d'acqua o linee di drenaggio appositamente progettate.
- Favorire il deflusso delle acque evitando recinzioni cieche.
- Approfondire con studi di maggiore dettaglio gli interventi che possano portare ad un aumento delle condizioni di pericolosità per le aree in esame come modifiche della superficie topografica locale che possano favorire l'accumulo ed il ristagno di acque di esondazione o che possano favorirne l'ingresso nell'area stessa. In quest'ottica, andrà attentamente vagliato l'abbattimento di elementi morfologici o di manufatti (muri di confine, terrazzamenti o rilevati artificiali) che costituiscono una barriera per le acque di esondazione. Questi elementi dovranno al contrario essere salvaguardati e mantenuti in efficienza. Nel caso di interventi che prevedano modificazioni sostanziali di questi elementi dovranno essere ridefinite le condizioni di pericolosità delle aree sulla base di una valutazione specifica che prenda in considerazione anche le eventuali conseguenze sulle aree esterne.

11.4. CLASSE 4 - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI

Alla classe 4 sono state assegnate le aree caratterizzate da condizioni di pericolosità morfologica da alta ad elevata, comprendendo i fenomeni franosi o di degradazione presenti estesamente sui versanti, le aree ad acclività elevata, le zone di accumulo delle valanghe, le aree di pertinenza idraulica dei corsi d'acqua con la Fascia Fluviale A del PAI relativa al fiume Oglio e gli alvei dei corsi d'acqua maggiori, le aree soggette ad erosione fluviale di sponda ed alcuni settori del conoide alluvionale del torrente Re di Artogne che rientrano nelle classi di pericolosità H4 ed H5, corrispondenti rispettivamente alle classi Cp e Ca del P.A.I..

L'alta pericolosità/vulnerabilità riscontrata comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso di queste aree. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo come definito dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c)

della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo; per questi interventi non risultano necessarie ulteriori integrazioni di carattere geologico. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Infine, si rammenta che le aree comprese nella fascia A del PAI sono anche assoggettate alle relative indicazioni contenute nelle Norme di Attuazione del PAI.

12. NORME DI ATTUAZIONE PAI

Di seguito si riportano integralmente le norme dell'art. 9 delle norme di Attuazione del PAI: si ricorda che tali norme sono prevalenti, laddove più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità individuate.

Art. 9. Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico

1. Le aree interessate da fenomeni di dissesto per la parte collinare e montana del bacino sono classificate come segue, in relazione alla specifica tipologia dei fenomeni idrogeologici, così come definiti nell'Elaborato 2 del Piano:

- frane:
 - Fa, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata),
 - Fq, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata),
 - Fs, aree interessate da frane stabilizzate - (pericolosità media o moderata),
- esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:
 - Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,
 - Eb, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata,
 - Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata,
- trasporto di massa sui conoidi:
 - Ca, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità molto elevata),
 - Cp, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità elevata),
 - Cn, aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa - (pericolosità media o moderata),
- valanghe:
 - Ve, aree di pericolosità elevata o molto elevata,
 - Vm, aree di pericolosità media o moderata.

2. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

3. Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;

- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purché consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

4. Nelle aree Fs compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

5. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni culturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

6. Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

6bis. Nelle aree Em compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

7. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ca sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

8. Nelle aree Cp, oltre agli interventi di cui al precedente comma 7, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

9. Nelle aree Cn compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

10. Nelle aree Ve sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni.

11. Nelle aree Vm, oltre agli interventi di cui al precedente comma 10, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente;
- le opere di protezione dalle valanghe.

12. Tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti commi, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

13. NORME RIGUARDANTI LA COMPONENTE SIMICA

13.1. AREE ESAMINATE MEDIANTE ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO

I territori individuati con le sigle Z3 e Z4 nella carta PSL, suscettibili di amplificazioni sismiche, rispettivamente topografiche e litologiche, sono stati assoggettati ad approfondimento di secondo livello, secondo i criteri definiti dall'Allegato 5 della DGR 8/7374 del 28/05/08.

Nella carta PSL sono stati individuati sia scenari Z3a sia scenari Z3b, tuttavia questi ultimi non interferiscono con le aree urbanizzabili e, di conseguenza, non devono essere sottoposti ad analisi del secondo livello. L'analisi di secondo livello è stata, quindi, applicata alle zone di amplificazione topografica Z3a ricadenti nelle aree edificabili dell'intero territorio comunale, fornendo valori del fattore di amplificazione F_a inferiori a quello di S_t delle Norme Tecniche per le Costruzioni, ne segue che la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica dei siti. Nel territorio comunale di Artogne non sono, quindi, presenti scenari di amplificazione topografica da sottoporre all'analisi di terzo livello, a meno che non si preveda la realizzazione di strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani per le quali è sempre prevista l'analisi di terzo livello nel caso ricadano nelle aree Z3.

I territori individuati con la sigla Z4 nella PSL sono stati assoggettati all'analisi di secondo livello solo nelle aree di maggiore espansione urbanistica (conoidi) ricadenti nella sottoclasse litologica Z4b. L'analisi di secondo livello ha evidenziato l'insufficienza della normativa solo per le strutture aventi periodo proprio $0.1 \div 0.5s$: in questo caso, in fase di progettazione, si rende necessario il ricorso ad un'analisi più approfondita (3° livello) o all'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (nel caso specifico C anziché B).

13.2. AREE NON ESAMINATE MEDIANTE ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO

Le aree del territorio comunale per le quali non è stata svolta l'analisi di secondo livello sono:

- le aree PSL Z1b e Z1c: per queste aree non si applica il secondo livello di analisi ma è previsto il terzo livello di analisi in fase di progettazione
- le aree Z4 che non si trovano nel fondovalle e l'area di fondovalle appartenente alla classe litologica Z4a. Tutte queste aree dovranno essere assoggettate all'analisi di secondo livello durante la fase di progettazione. Nel caso F_a calcolato sia superiore a F_a di soglia si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di terzo livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Dott. Geologo Gianpiero Feriti

Ha collaborato: Ing. Giovanna Sorlini

Darfo Boario Terme, aprile 2009

Boario Terme, luglio 2014 (Aggiornamento paragrafo 11.3.5)

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI NORMATIVI

- A GUIDE TO HYDROLOGICAL ANALYSIS USING SCS METHODS di R. H. McCuen.
- ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO – Allegato 5 INTEGRAZIONI - Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale Politecnico di Milano - Floriana Pergalani, Massimo Compagnoni Vincenzo Petrini febbraio 2006.
- APPALTO CONCORSO PER LO STUDIO E LA PROGETTAZIONE DELLE OPERE RIGUARDANTI LA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RE DI ARTOGNE DANNEGGIATO DAGLI EVENTI ALLUVIONALI DEI MESI DI LUGLIO-AGOSTO 1987. COMUNI DI ARTOGNE E PIANCAMUNO (BS). Progetto generale esecutivo a cura di SICEM Padova.
- CARTA DELL'USO DEL SUOLO AD ORIENTAMENTO VEGETAZIONALE – scala 1:10000 – sezione D4b4 Piancamuno – cartografia geoambientale della Regione Lombardia.
- CARTA DELLA LOCALIZZAZIONE PROBABILE DELLE VALANGHE, Portale Regione Lombardia.
- CARTA DELLE PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE DEL TERRITORIO ALPINO DELLA REGIONE LOMBARDIA (registrate nel periodo 1891÷ 1990) Ceriani Massimo, Carelli Massimo Servizio Geologico – Ufficio Rischi Geologici Regione Lombardia.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA: FOGLIO BRENO 1970 - Servizio Geologico d'Italia.
- CARTA GEOLOGICA DELLE ALPI BRESCIANE A SUD DELL'ADAMELLO - Boni A. - Atti dell'Istituto geologico dell'Università di Pavia - Vol. XXIII.
- CARTA GEOLOGICA DELLE PREALPI BRESCIANE - Boni A., Cassinis G..
- CARTA INVENTARIO DELLE FRANE E DEI DISSESTI IDROGEOLOGICI DELLA REGIONE LOMBARDIA - Regione Lombardia (Direz. Gen. Territorio e Urbanistica – Struttura Rischi Idrogeologici) Luglio 2002.
- CARTOGRAFIA GEOAMBIENTALE DELLE COMUNITÀ MONTANE VALTROMPIA, VALLECAMONICA, SEBINO BRESCIANO E ALTO SEBINO – Sezione D4b4 Piancamuno – Carta Litologica.
- CIRCOLARE MINISTERO LAVORI PUBBLICI, 24 settembre 1988 n. 30483 "ISTRUZIONI RIGUARDANTI LE INDAGINI SUI TERRENI E SULLE ROCCE, LA STABILITÀ DEI PENDII NATURALI E DELLE SCARPATE, I CRITERI GENERALI E LE PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE, L'ESECUZIONE E IL COLLAUDO DELLE OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE E DELLE OPERE DI FONDAZIONE".
- D. M. 14 GENNAIO 2008 - APPROVAZIONE DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
- D. M. 14 SETTEMBRE 2005 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
- D.G.R. LOMBARDIA 10 aprile 2003, n. 7/12693: "DIRETTIVE PER LA DISCIPLINA DELLE ATTIVITÀ ALL'INTERNO DELLE AREE DI RISPETTO".
- D.G.R. LOMBARDIA 7/7868 del 25 gennaio 2002 – modificata dalla DGR 1 agosto 2003 n. 7/13950 – "DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE. TRASFERIMENTO DELLE FUNZIONI DI POLIZIA IDRAULICA CONCERNENTI IL RETICOLO IDRICO MINORE COME INDICATO DALL'ART.3 COMMA 114 DELLA L.R. 1/2000".
- D.G.R. LOMBARDIA 8/1566 22 dicembre 2005 "CRITERI ED INDIRIZZI PER LA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE ALL'ART. 57 DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N. 12".
- D.G.R. LOMBARDIA 8/7374 28 MAGGIO 2008 "CRITERI ED INDIRIZZI PER LA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE ALL'ART. 57 DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N. 12".
- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 6 giugno 2001, n. 380. "TESTO UNICO DELLE DISPOSIZIONI LEGISLATIVE E REGOLAMENTARI IN MATERIA EDILIZIA".
- DECRETO MINISTERO LAVORI PUBBLICI, 11 marzo 1988 "NORME TECNICHE RIGUARDANTI LE INDAGINI SUI TERRENI E SULLE ROCCE, LA STABILITÀ DEI PENDII NATURALI E DELLE SCARPATE, I CRITERI GENERALI E LE PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE, L'ESECUZIONE ED IL COLLAUDO DELLE OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE E DELLE OPERE DI FONDAZIONE".
- DIRETTIVA SULLA PIENA DI PROGETTO DA ASSUMERE PER LE PROGETTAZIONI E LE VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA, PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)- Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, n. 18 del 26 aprile 2001.
- GEOMORFOLOGIA APPLICATA - Panizza M. - 1988 - Ediz. NIS.
- INTERPRETAZIONE GEOLOGICA DEI DATI OTTENUTI DALLA INTERFEROMETRIA SAR CON LA TECNICA PS RELATIVAMENTE A FENOMENI FRANOSI E DI SUBSIDENZA - G. Savazzi per la Provincia di Brescia - Settore Protezione Civile.
- LA LUNGA ALLUVIONE - Pedersoli G. S. - 1992 - Ediz. Toroselle.
- LA SISTEMAZIONE DEI CORSI D'ACQUA MONTANI - Maione U. 1998 - ediz. BIOS.
- LANDSLIDES HAZARD ZONATION: A REVIEW OF PRINCIPLES AND PRACTICE - Varnes D. J. 1984.
- LEZIONI DI IDRAULICA FLUVIALE - Paoletti A. - Politecnico di Milano - A.A. 1990/91.
- NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI.

- NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA ITALIANA ALLA SCALA 1:100.000 FOGLIO 34: BRENO - Bianchi, Boni, Callegari, Casati, Cassinis, Comizzoli, Dal Piaz, Desio, Giuseppetti, Martina, Passeri, Sassi, Zanettin, Zipoli - Nuova Tecnica Grafica, Roma 1971.
- PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) INTERVENTI SULLA RETE IDROGRAFICA E SUI VERSANTI Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001 NORME DI ATTUAZIONE.
- PRELIMINARY TWO-FOLD CLASSIFICATION OF TORRENTS, Aulitzky H. 1982 - Mit teil. Der Forst. Bundesversuchsanstalt, Helf 144, Pagg. 243-256.
- RISCHIO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO – Alberto Mariano Caivano. EPC Libri.
- SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE DELLA REGIONE LOMBARDIA.
- SISTEMAZIONE DI CORSI D'ACQUA - Da Deppo L., Datei C., Salandin P. - Istituto di idraulica "G.Poleni" - 1995 - Ediz. Libreria Cortina.
- STUDIO DELLA RETE IDRICA DEL COMUNE DI ARTOGNE, Ing. Locatelli (1996).
- STUDIO DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE IN PROVINCIA DI BRESCIA E VERIFICA FUNZIONALE DELLA RETE PLUVIOMETRICA ESISTENTE - Prov. Di Brescia - Dicembre 1985.
- STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA, Dott. Geol. Alberti gennaio 1996.
- TRACCIAMENTO ALLA SCALA DELLA CARTOGRAFIA DI P.R.G. DEL COMUNE DI ARTOGNE (SCALA 1:5.000) DEI LIMITI DELLE FASCE FLUVIALI INDIVIDUATE NEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO REDATTO DALL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO IN ADEMPIMENTO ALL'ART. 17 COMMA 6 DELLA LEGGE 18 MAGGIO 1989 N. 183/89 E SECONDO LE INDICAZIONI CONTENUTE DELLA D.G.R. 11 DICEMBRE 2001 N. 7/7365 - Dott. Geol. Alberti aprile 2002.
- VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA SULLE CONOIDI, ESEMPIO DELLA METODOLOGIA DI AULITZKY APPLICATA ALLA CONOIDE DEL TORRENTE RE DI GIANICO – VALCAMONICA (BS) - Ceriani M., Fossati D., Quattrini S. - PG Professione Geologo – Nr 6 - Aprile 1998 Pagg. 23-31.
- VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ NELLE AREE DEI CONOIDI ALLUVIONALI PRESENTI NEL SETTORE DI FONDOVALLE DEL TERRITORIO COMUNALE DI ARTOGNE SECONDO LE INDICAZIONI CONTENUTE DELLA D.G.R. 11 DICEMBRE 2001 N. 7/7365 - Agosto 2003 - Dott. Geol. Alberti approvata con delibera del Consiglio Comunale n. 54 del 09/12/03.