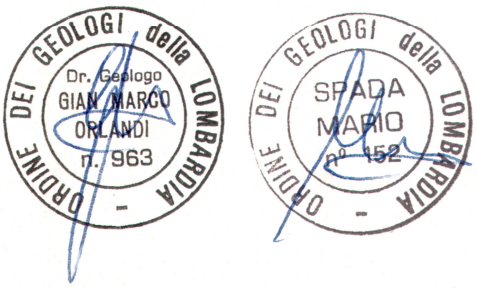
COMUNE DI AGRA

PROVINCIA DI VARESE

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DEL TERRITORIO COMUNALE, A SUPPORTO DEL NUOVO P.G.T. AI SENSI DELL'ART. 57 DELLA L.R. 12/05

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA



Committente: COMUNE DI AGRA			**Codice Progetto: 07_07_143**		
I Tecnici: dr. M. SPADA – dr. G.M. ORLANDI			**Data: LUGLIO 2008**		
Data:	Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
febbraio 09	**01**	Parere Regione	Bianchi	Orlandi	Spada
Novembre 09	**02**	Parere Prov. VA	Bianchi	Orlandi	Spada
	Studio Associato di Geologia Spada di Spada M., Orlandi G.M., Bianchi S. *Via Donizetti n° 17 – Ranica (BG)* *Tel: 035/516090 – fax: 035/513738 – e_mail: info@studiogeospada.it*				

INDICE

1.0 PREMESSE E DATI GENERALI SUL LAVORO *4*

1.1 RAPPORTO CON STUDI PRECEDENTI **4**

1.2 RAPPORTI CON IL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO **5**

1.3 METODO DI LAVORO **6**

1.4 DOCUMENTAZIONE PRODOTTA **10**

2.0 FASE DI ANALISI *12*

2.1 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E METODOLOGICI **12**

2.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE **13**

2.3 CENNI DI CLIMATOLOGIA E DI PLUVIOMETRIA **17**

2.3.1 Dati meteorologici di inquadramento 17

2.3.2 Dati meteorologici recenti 20

2.3.3 Parametri pluviometrici per piogge brevi ed intense 23

2.4 ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE A GRANDE SCALA **25**

2.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO **27**

2.5.1 Carta litologica 32

2.6 ASSETTO GEOMORFOLOGICO **38**

2.6.1 Verifica del quadro del dissesto con le carte PAI e IFFI 41

2.7 IDROGRAFIA SUPERFICIALE **43**

2.7.1 Indicazioni per il calcolo della portata di massima piena 48

2.7.2 Dati idrologici di massima sui principali corsi d'acqua 52

2.8 IDROGEOLOGIA **54**

2.8.1 Alimentazione idropotabile del Comune di Agra 56

2.9 ANALISI MORFOMETRICA CON SISTEMI GIS **59**
2.9.1 Note sui sistemi informativi geografici (GIS) 59
2.9.2 Carta clivometrica 60
2.10 PERICOLOSITA' SISMICA **62**
2.10.1 Procedure Regionali per la zonazione sismica del territorio comunale 64
2.10.2 Analisi di pericolosità sismica di 1° livello 65
2.11 RAPPORTI CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRACOMUNALE: PREVISIONI DEL P.T.C.P. **69**
3.0 FASE DI VALUTAZIONE E SINTESI ***74***
3.1 CARTA DEI VINCOLI **74**
3.2 CARTA DI SINTESI **77**
4.0 FASE DI PROPOSTA - VALUTAZIONI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO ***83***
4.1 CLASSIFICAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA **88**
4.2 INDICAZIONI, A CARATTERE GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO PER LA GESTIONE E LA VALORIZZAZIONE DEL TERRITORIO **94**
4.3 MODALITA' DI UTILIZZO DEL PRESENTE PIANO **96**
4.4 ELENCO TAVOLE GRAFICHE **98**
4.5 ALLEGATI **99**
4.6 BIBLIOGRAFIA **100**

1.0 PREMESSE E DATI GENERALI SUL LAVORO

La presente relazione ci è stata commissionata dal Comune di Agra ed illustra, nel dettaglio, i caratteri geologici – idrogeologici e sismici dell'intero territorio comunale.

Il lavoro, che si propone quale supporto specialistico al Piano di Governo del Territorio in fase di predisposizione da parte del Comune di Agra, è stato redatto in ottemperanza all'art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005 n° 12 "Legge sul governo del territorio".

In particolare l'organizzazione e la predisposizione del presente lavoro è stata fatta seguendo le indicazioni della D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008, (che ha sostituito la d.g.r. n° 8/1566 del 22/12/05 a seguito dell'entrata in vigore del nuovo testo unico delle costruzioni), che fornisce i nuovi criteri attuativi per la componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto dei PGT.

1.1 RAPPORTO CON STUDI PRECEDENTI

Il comune di Agra (Va) è dotato di studio geologico di supporto alla pianificazione comunale, predisposto nel novembre 2003 e revisionato nel gennaio 2004 dal Dr. Geol. Arduino Belli di Induno Olona e dal Dr. Geol. Paolo Monacchi di Luino.

Il piano era poi stato integrato nel gennaio 2007, in fase di istruttoria Regionale, con alcuni approfondimenti di dettaglio per un paio di zone.

Tale studio era stato, a suo tempo, riconosciuto conforme dalle competenti strutture regionali (Deliberazione n° VIII/00490 del 18/04/07), ai sensi della precedente normativa (L.R. 41/97).

Il parere di conformità comprendeva anche una serie di prescrizioni e di richieste di integrazioni.

Tale piano non aveva mai completato in via definitiva l'iter di aggiornamento della cartografia PAI del territorio Comunale in assenza dell'invio della carta di aggiornamento del quadro del dissesto PAI.

Inoltre, in fase di istruttoria Regionale, erano emersi alcuni conflitti con la parte di pianificazione urbanistica.

Preso atto di quanto sopra, della necessità di procedere ad ulteriori integrazioni ed adeguamenti a seguito dell'entrata in vigore della L.R. 12/05 e succ. delibere attuative e del fatto che era in corso la predisposizione del nuovo PGT, si è deciso, in accordo con il Comune, di realizzare un piano completamente nuovo, utilizzando la documentazione del 2004 come riferimento importante, ma ripercorrendo e rifacendo tutta la procedura, in relazione alle nuove norme.

Il presente piano è quindi totalmente nuovo ed integralmente sostitutivo del precedente.

1.2 RAPPORTI CON IL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Il Piano di Governo del territorio (PGT) definisce l'assetto dell'intero territorio comunale ed è articolato in:

- documento di piano;
- piano delle regole;
- piano dei servizi.

I rapporti tra il PGT ed il presente piano possono essere sintetizzati come di seguito dettagliato:

- ***il Documento di Piano deve contenere al suo interno lo Studio Geologico nel suo complesso;***
- ***le Fasi di Sintesi e di Proposta con definizione della fattibilità geologica (carta dei vincoli, di sintesi, di fattibilità geologica e relative norme) devono costituire parte integrante del Piano delle regole;***

1.3 METODO DI LAVORO

Il lavoro è stato impostato e sviluppato seguendo le indicazioni della D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008 "Aggiornamento dei <Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11/03/05 n° 12> approvati con d.g.r. 22/12/05 n° 8/1566" operando scelte autonome in base agli elementi osservati ed alle esperienze acquisite nella predisposizione di altri studi geologici di supporto alla pianificazione.

La metodologia di lavoro è stata sviluppata attraverso le tre successive fasi previste dalla normativa Regionale e cioè analisi, sintesi e proposta, come di seguito dettagliato.

1- Fase di analisi

Questa fase comporta la ricerca storica/bibliografica e la compilazione della cartografia di inquadramento e di approfondimento delle tematiche di carattere geologico e degli elementi distintivi e strutturali del territorio comunale.

In questa fase sono state acquisite, valutate e verificate tutte le informazioni disponibili relativamente alle componenti: geologia – geotecnica - idrogeologia – sismica, del territorio comunale.

I principali documenti analizzati sono di seguito dettagliati:

- "Studio geologico di supporto al PRG di Agra" del 2003-2007, a firma dr. Belli – dr. Monacchi.
- "Studio delle risorse idriche comunali" redatto nel gennaio 2008 dal dr. arch. Bignotti e dal dr. De Dominicis. In tale studio si evidenzia che sul territorio comunale di Agra non sono presenti captazioni di acque destinate al consumo umano.
- "L'indagine geologica per la determinazione delle fasce di rispetto del reticolo idrico minore ai sensi della DGR 7/7868 del 25/01/2002 e della DGR 7/13950 del 01/08/2003", redatta nel 2004 dal dr. Belli e dal dr. Monacchi.
- Altro elemento di riferimento sono stati gli studi e le analisi relative alla prevenzione del rischio idrogeologico – idraulico e sismico contenuti nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Varese.

Quelli sopra citati sono i documenti principali di riferimento, cui sono da aggiungere tutti gli elementi a carattere geologico ed idrogeologico che è stato possibile reperire (cartografia e documentazione tecnica del PAI, censimento dei dissesti della Regione Lombardia, studi per interventi edilizi, ecc.) e tutti i dati acquisiti con i rilievi geologici effettuati per il presente lavoro.

La prima parte del lavoro ha consentito di predisporre una bozza della cartografia di base del territorio comunale, con tutti gli aspetti salienti e principali in merito a: geologia, litologia, geomorfologia, idrologia, idrogeologia.

In seguito si è passati alla fase di integrazione ed alla validazione dei dati reperiti, mediante analisi delle foto aeree e soprattutto mediante i rilievi di campagna eseguiti a più riprese da febbraio a luglio 2008. Tali rilievi hanno consentito, attraverso percorsi pianificati, di pervenire ad una conoscenza capillare del territorio comunale.

La raccolta dati e la relativa fase di integrazione ha portato alla predisposizione delle carte di base e di inquadramento riguardanti gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici di tutto il territorio comunale.

Considerata la limitata estensione del territorio Comunale e la disponibilità di un aerofotogrammetrico in formato digitale si è deciso di predisporre queste carte di inquadramento alla scala 1:2.000, su tutto il territorio, in modo da avere già dati di grande dettaglio per la fasi di lavoro successive.

Di questa prima fase del lavoro fa parte l'analisi della pericolosità sismica, fase che nel caso del Comune di Agra (classe sismica 4) si è concretizzata con la predisposizione della carta della pericolosità sismica locale.

Su questo aspetto si dirà in modo dettagliato al paragrafo specifico, dato che si tratta di una delle principali novità introdotte dalla nuova normativa e dalle nuove direttive della Regione Lombardia.

2- Fase di valutazione e sintesi

Questa fase si concretizza con la redazione di due cartografie:

- la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore o da restrizioni per specifiche criticità di carattere geologico,
- la carta di sintesi, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico – geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

La carta dei vincoli contiene le limitazioni d'uso del territorio che derivano da normative e piani sovraordinati, in particolare :

- vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/80 ed in particolare PAI e quadro del dissesto (sia già vigenti sia di proposto aggiornamento con il presente lavoro);
- aree di salvaguardia delle captazione ad uso potabile (d. lgs 258/2000 art 5);
- vincoli di polizia idraulica ai sensi del R.D. 532/1904 e succ. norme in materia;

Le aree di salvaguardia sono relative ad una sorgente in Comune di Maccagno la cui area di rispetto rientra parzialmente in Comune di Agra, il quale non ha sul proprio territorio sorgenti/pozzi utilizzati a tale scopo. L'alimentazione dell'acquedotto comunale, tramite pompe di rilancio ed un bacino di accumulo posto a monte della loc. Bedore, avviene tramite la derivazione di acque da sorgenti poste in territorio comunale di Dumenza e di Curiglia con Monteviasco.

Non sono neppure presenti geositi da tutelare.

3- Fase di proposta

Questa fase si esplica attraverso la redazione della "***Carta di fattibilità geologica del territorio***" e delle "***norme tecniche geologiche di piano***" con le prescrizioni da adottare per ciascun ambito individuato.

In tale fase vengono caratterizzati per classi omogenee gli ambiti di criticità individuati nella carta di sintesi, mediante modalità standardizzate.

Tale procedura consente di redigere la carta di fattibilità geologica per le azioni di piano e le relative norme geologiche di attuazione, nelle quali sono riportate le indicazioni in ordine alle limitazioni nelle destinazioni d'uso, alle cautele da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, alle eventuali opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni in atto.

Per il Comune di Agra, compreso tra quelli tenuti all'aggiornamento del quadro del dissesto PAI, di questa fase di lavoro fa parte anche la redazione della carta del dissesto idrogeologico con legenda uniformata PAI.

1.4 DOCUMENTAZIONE PRODOTTA

Gli elaborati che costituiscono il presente lavoro sono di seguito dettagliati:

1. *Relazione tecnico – illustrativa*
2. *Norme geologiche di piano*
3. *Tavole grafiche*

Fase di analisi

- Tav. 1: Carta litologica scala 1:2.000
- Tav. 2: Carta geomorfologica con elementi idrologici ed idrogeologici scala 1:2.000
- Tav. 3: Carta clivometrica scala 1:2.000
- Tav. 4: Carta della pericolosità sismica locale scala 1:2.000

Fase di valutazione sintesi

- Tav. 5: Carta dei vincoli scala 1:2.000
- Tav. 6: Carta di sintesi scala 1:2.000

Fase di proposta

- Tav. 7: Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano scala 1:2.000
- Tav. 8: Carta di fattibilità geologica per la azioni di piano su CTR scala 1:10.000
- Tav. 9: Carta del dissesto con legenda uniformata PAI scala 1:10.000

4. Allegati

2.0 FASE DI ANALISI

Questa parte della relazione illustra il lavoro svolto per articolare e sviluppare la fase di analisi, secondo le linee generali di cui al par. 1.3.

2.1 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E METODOLOGICI

Il lavoro ha avuto come indispensabile premessa la ricognizione e la raccolta di materiale documentario e bibliografico che ha consentito di elaborare i materiali cartografici di base e di inquadrare il territorio comunale all'interno dell'ambito geografico di riferimento.

Sono naturalmente risultate essenziali le informazioni desunte dalla documentazione ufficiale a carattere geologico-idrogeologico, prodotta da: Servizio Geologico Nazionale, Autorità di Bacino del Fiume Po (P.A.I. e Quadro dei dissesti idrogeologici), Regione Lombardia (tematismi del SITER e Progetto IFFI) e Provincia di Varese.

Molto importanti per il presente lavoro sono stati anche gli studi citati al par. 1.3: lo studio geologico di supporto al PRG di Agra del 2004, lo studio di definizione del reticolo idrico minore e lo studio sulle sorgenti che alimentano l'acquedotto Comunale.

Gli elementi di criticità e di pericolosità geologica riportati nel PTCP, predisposto dall'Amministrazione Provinciale di Varese, hanno costituito un ulteriore spunto molto importante per verifiche attente sul territorio; tali verifiche hanno poi consentito di evidenziare condizioni meno gravose, per le trasformazioni territoriali, rispetto a quelle riportate negli studi predisposti a scala provinciale, come si dirà dettagliatamente in seguito.

L'Amministrazione Comunale, infine, oltre alla base cartografica, ha gentilmente ricercato la documentazione in suo possesso relativa ad analisi ed indagini di carattere idrogeologico e geotecnico eseguite sul territorio comunale, in genere a supporto della progettazione e realizzazione di opere pubbliche e di interventi di edilizia sul territorio comunale.

Purtroppo si tratta di una documentazione molto scarna, consistente in un paio di indagini geofisiche a supporto della realizzazione di un edificio residenziale.

Le informazioni di carattere generale raccolte, confrontate e completate da osservazioni e sopralluoghi eseguiti direttamente sul terreno, sono servite, come accennato, per la redazione delle cartografie di inquadramento.

2.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Agra (Provincia di Varese), interamente individuato alla Sezione CTR in scala 1:10.000 A3c5 "Maccagno", occupa una modesta superficie montuosa, di estensione di poco inferiore ai 3 Kmq, sulla sponda orientale del Verbano.

Il territorio risulta ben delimitato dalla Valle del torrente Giona a N e dalla Valle del Torrente Colmegna a S, e giunge quasi a lambire la sponda del lago verso Ovest, dove confina con il comune di Maccagno.

I limiti amministrativi del territorio comunale di Agra si sviluppano lungo un perimetro complessivo di poco superiore ai 7 Km, disegnando un confine comunale che in pianta raffigura grossomodo un semicerchio schiacciato, allungato nella direzione est – ovest.

Dal punto di vista amministrativo il Comune di Agra confina, oltre che con il citato comune di Maccagno lungo il lato occidentale e settentrionale, con il comune di Dumenza a oriente

e con il comune di Luino verso sud; il Comune fa parte della Comunità Montana delle Valli del Luinese.

Il territorio del Comune di Agra appartiene all'ambiente montano dei rilievi prealpini e l'altimetria ben riflette le caratteristiche geografiche ed orografiche, variando dai circa 350 m.s.l.m. della fascia "perilacuale", ai circa 740 m.s.l.m., che costituiscono la massima culminazione, raggiunta nei pressi della loc. Bedore, nella porzione settentrionale del territorio amministrato.

Il centro abitato di Agra (il nucleo abitativo principale) è posto a una quota media di circa 650 m.s.l.m.

La morfologia del territorio comunale è caratterizzata da una superficie di spianamento glaciale, sulla quale, in posizione favorevole, sono sorti i diversi nuclei abitati che connotano il tessuto urbano di Agra, delimitato da versanti anche molto acclivi, che digradano bruscamente verso le sottostanti, profonde, incisioni vallive della Valle del torrente Giona e della Valle del torrente Colmegna.

L'assetto morfologico del territorio su cui sorgono i principali nuclei di Agra è caratterizzato da deboli ed uniformi pendenze, verso il lago, a costituire un affaccio naturale di notevole valenza ambientale e paesaggistica sul Verbano.

La genesi delle geometrie di superficie, come ben espressa dalle forme morbide ed arrotondate del paesaggio, è legata anche all'azione dell'apparato glaciale che qui ha ben esercitato, durante le varie pulsazioni quaternarie, la propria azione modellatrice.

Tale azione è testimoniata dalla presenza di morfologie glaciali ben riconoscibili, con numerosi massi erratici, ampie superfici di spianamento glaciale, rocce montonate e strie

glaciali, che indicano quale fosse l'immane forza morfogenetica dell'apparato glaciale e le direzioni prevalenti di scorrimento.

Queste morfologie glaciali caratteristiche andrebbero tutelate e valorizzate, pensando all'attrezzatura di un sentiero geomorfologico che, percorrendo i tracciati già esistenti, attraverso pannelli informativi, consentano di cogliere pienamente la spettacolarità delle testimonianze di una glaciazione nemmeno troppo lontana noi.

L'idrografia superficiale del territorio comunale risulta ben articolata secondo il reticolo naturalmente affermato.

Tale idrografia è riferibile unicamente al reticolo idrico minore, le cui competenze in materia di polizia idraulica sono delegate al comune.

Le aste torrentizie sono caratterizzata da basso grado di gerarchizzazione, e raggiungono al massimo il terzo o quarto ordine della gerarchizzazione di Stralher; questo è dovuto a svariati fattori quali: la vicinanza allo spartiacque principale, la limitata lunghezza dei corsi d'acqua e la modesta estensione dei bacini idrografici sottesi.

In corrispondenza delle incisioni operate dai corsi d'acqua di maggior sviluppo, si possono apprezzare significativi incrementi nel gradiente di pendenza, per la presenza di orli e scarpate fluviali, di scarpate di erosione e di terrazzi alluvionali variamente incisi.

Il tessuto urbano del territorio comunale è distinto tra il capoluogo e diversi nuclei sparsi con numerosi edifici rurali isolati; buona parte del territorio comunale mostra ancora una spiccata naturalità, con estesi boschi di latifoglie governati a ceduo che ricopro in modo continuo ampie porzioni di versanti, con presenza considerevole di castagni, con alcuni esemplari che raggiungono dimensioni davvero imponenti.

Da segnalare anche la diffusa presenza di betulle, nei pressi della loc. Bedore, toponimo derivato, probabilmente, proprio dalle presenza di tali essenze arboree.

Il centro abitato ed i nuclei sparsi sono serviti da un fitto reticolo di tracciati stradali di importanza comunale e da una rete di percorsi secondari, per lo più a carattere pedonale e/o agro – silvo – pastorale, di valenza storica.

Tali percorsi in genere sono caratterizzati dalla presenza di muri di sostegno in pietra locale a secco, testimonianza di una sapienza e di un'attenzione al costruire, che l'Amministrazione Comunale ha valorizzato, attraverso la realizzazione di punti di sosta, la segnalazione dei punti panoramici e di segnavia di carattere generale, che consentono di raggiungere quasi ogni punto del territorio.

Forte appare anche la vocazione turistica di Agra, con la presenza di numerosi edifici adibiti a case di vacanza e soggiorno, soprattutto laddove il "balcone sul Verbano" esercita maggiormente la sua attrazione.

Di particolare valenza ambientale, oltre ai citati aspetti geomorfologici legati alle fasi glaciali che a più riprese hanno interessato il territorio comunale, appaiono gli ambiti di pertinenza idraulica, e le aree ad essi adiacenti, caratterizzati da una forte connotazione geomorfologica, per la presenza di elementi di naturalità quali gli orli di erosione, le cascatelle in roccia e l'elemento idrico in generale.

Nel territorio non sono segnalate, storicamente, particolari criticità di dissesto idrogeologico, salvo piccoli fenomeni estremamente locali di cui si dirà in seguito.

Stante tale situazione non vi sono sul territorio particolari opere di difesa del suolo, salvo alcune briglie nella parte bassa del torrente Valeggio (valle Lupera).

2.3 CENNI DI CLIMATOLOGIA E DI PLUVIOMETRIA

Il clima del territorio comunale di Agra e dell'area del lago Maggiore in generale, è di tipo continentale, ma gli estremi climatici sono mitigati dalle acque del lago, che rilasciano in inverno il calore ricevuto nei mesi estivi. In molti luoghi le particolari condizioni di esposizione e di riparo dai venti freddi determinano microclimi particolarmente favorevoli.

Ai fini del presente studio appaiono di grande importanza gli aspetti pluviometrici, utili per le considerazioni idrologiche ed idrauliche a scala locale (per es. a supporto di interventi per il dimensionamento delle vasche volano, dei collettori di acque chiare e di tutti quegli interventi, anche lungo il reticolo idrico minore, che richiedano la conoscenza dei parametri pluviometrici).

2.3.1 Dati meteorologici di inquadramento

Al presente lavoro sono allegati gli stralci della zona di Agra delle carte delle Precipitazioni Minime, Medie e Massime, prodotte dalla Regione Lombardia "Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo" (Regione Lombardia, a cura di M. Ceriani e M. Carelli).

Tali carte rappresentano il documento più aggiornato e completo disponibile, in quanto hanno comportato l'utilizzo dei dati pubblicati negli "Annali Idrologici" (Servizio Idrografico, Ufficio Idrografico del Po, dal 1913 al 1983); tali dati sono stati integrati, ove possibile, con il reperimento diretto di altri dati pluviometrici presso aziende idroelettriche (AEM, ENEL Sondel) e presso il Servizio Idrografico stesso. Particolare cura è stata riservata nel reperimento dei dati antecedenti il 1913 (Volume II - Bacino Imbrifero del Po - "Osservazioni Pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915" – Roma 1922). Utilizzando

tutti i dati disponibili delle stazioni con almeno 10 anni di osservazioni è stata ottenuta una carta molto dettagliata dell'andamento delle precipitazioni medie annue. Tale carta è più completa ed aggiornata del precedente documento di riferimento in materia, rappresentato dalla "Carta delle Isoiete della Precipitazione Annua Media del cinquantennio 1921 – 1970" dell'Ing. Lino Cati (Pubblicazione n. 19 dell'Ufficio Idrografico del Po "Idrografia ed Idrologia del Po" edito dall'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Roma, 1981).

In una visione d'insieme delle carte delle precipitazioni, si può notare come partendo dalla pianura padana, o meglio dal corso del fiume Po, le precipitazioni medie annue (P.M.A.) tendono progressivamente ad aumentare spostandosi verso nord, cioè verso i rilievi prealpini, passando da 850 – 950 mm/anno ad oltre 1400 mm/anno.

Nell'area dei rilievi prealpini le precipitazioni raggiungono valori elevati compresi fra i 1400 e i 1600 mm/a con un andamento sempre sinuoso ma molto più articolato rispetto alla pianura per l'influenza dell'orografia (stazione di Varese 1522 mm/a).

Sui rilievi di questa prima fascia prealpina ed alpina, si raggiungono i valori più elevati di PMA di tutta la regione con valori sempre superiori ai 2000 mm/anno: per es. Vararo 2326 mm/a (lago Maggiore) e Paraviso 2258 mm/a (lago di Lugano).

Il confronto esteso a tutta la Lombardia alpina fra la carta delle precipitazioni medie annue con quelle delle precipitazioni massime annue e delle precipitazioni minime annue conferma, nelle linee generali, le considerazioni sopra riportate e cioè che i massimi assoluti coincidono con le aree delle medie annue più elevate e che i minimi assoluti coincidono con le aree delle medie annue più basse.

Il massimo valore registrato nella zona è quello della stazione di Santa Maria del Monte (Va) con 4033 mm nel 1951.

I minimi valori sono stati registrati nella stazione di Varano Borghi (Va) 542 mm nel 1921.

I campi di utilizzo di queste carte delle precipitazioni sono ampi: valutazione del minimo deflusso vitale, stima delle portate annue per utilizzi idroelettrici, bilanci idrologici di ampia scala, correlazioni con le variazioni della falda freatica, ecc.. Ancora sulla base delle precipitazioni medie annue è possibile valutare le soglie di innesco di fenomeni franosi superficiali o più in generale l'inizio di fenomeni alluvionali per scopi di protezione civile.

Per un inquadramento di maggior dettaglio della zona di Agra è possibile fare riferimento alle seguenti stazioni del servizio idrografico:

Stazione	*Quota*	*Inizio*	*Fine*	*Prec. Media*	*Prec. Minima*	*Prec. massima*
CADERO	570	1913	1978	1944,3	859,0	2970,0
CREVA	233	1951	1978	1938,1	1114,0	3008,0
LUINO	210	1914	1947	1646,1	715,0	2277,0

I dati delle precipitazioni medie e massime di Cadero e Creva sono molto simili, con una precipitazione media annua di oltre 1900 mm/anno e massima vicina ai 3000 mm; i valori di Luino sono inferiori probabilmente per la diversa posizione topografica e la posizione diretta sul Lago.

Per quanto riguarda la distribuzione mensile delle precipitazioni è possibile riferirsi alla stazione di Cadero nel periodo dal 1921 al 1950 (pioggia media mensile in mm):

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
54	70	117	175	245	178	200	194	206	194	164	85

Le precipitazioni minime avvengono nel periodo invernale, con valore inferiori ai 100 mm, con un minimo assoluto nel mese di gennaio con soli 54 mm di pioggia.

Il massimo assoluto è nel mese di maggio con 245 mm; nel periodo estivo le precipitazioni restano alte da luglio a settembre con valori intorno ai 200 mm.

Per maggiore completezza sono stati anche verificati i dati della stazioni meteorologiche della rete del Canton Ticino. In questo caso le stazioni più vicine presenti sono Brissago e Torricella. I valori medi di pioggia sono leggermente più elevati (2100 mm/anno) e per quanto riguarda il regime annuo oltre al minimo invernale ed al massimo di maggio si evidenzia un secondo massimo (che per la stazione di Brissago supera quello di maggio) nel periodo autunnale (settembre-ottobre). Si tratta quindi di un regime differente da quello della zona di Agra per la diversa posizione in relazione alla catena alpina e quindi i paramenti meteorologici di riferimento possono essere confermati nella stazione di Cadero.

2.3.2 Dati meteorologici recenti

Tutti i dati sopra indicati sono a carattere generale e per la maggior parte anche abbastanza datati.

In considerazione della continua evoluzione climatica, soprattutto negli ultimi anni, con un'accentuazione dei fenomeni estremi è stata fatta una ricerca di dati dell'ultimo decennio.

La ricerca, in considerazione dello scopo applicativo del presente studio, si è concentrata sugli eventi pluviometrici estremi.

Per la ricerca di dati si è inizialmente fatto riferimento alla documentazione di ARPA Lombardia "dati idrometeorologici 1987-2003", ma la zona del Varesotto non è coperta dalla rete di monitoraggio del Servizio Geologico.

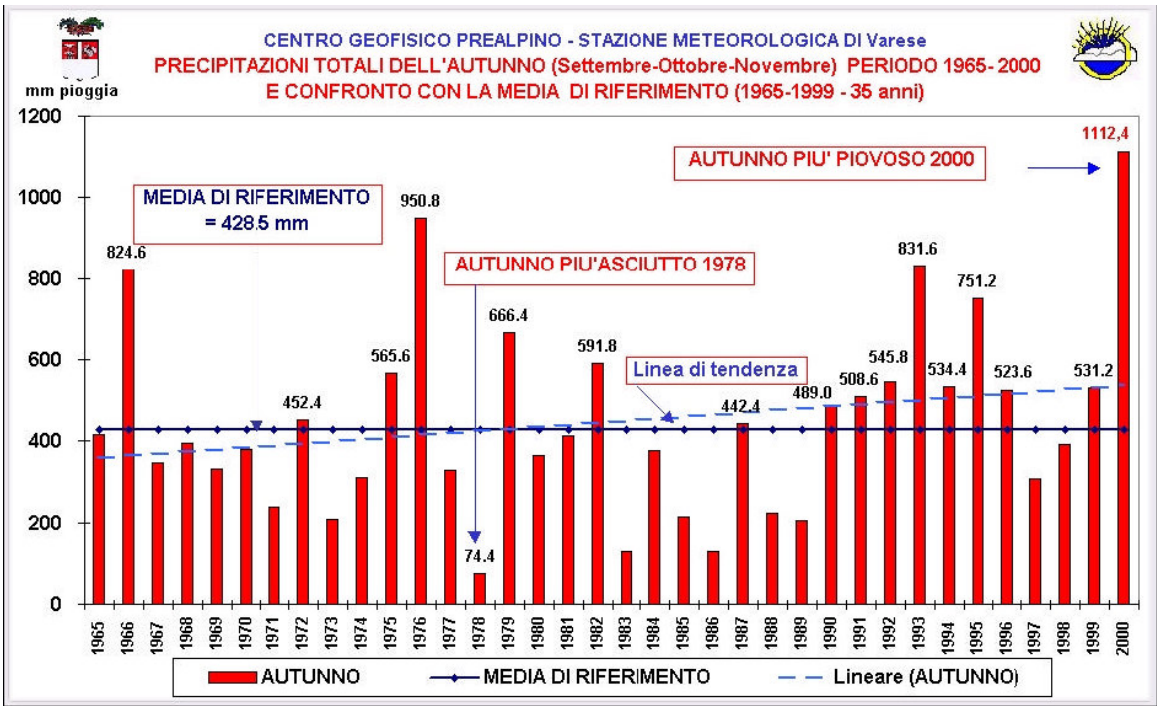
Si è anche fatto riferimento ai dati dell'ERSAL "D.A.F.M.E.", ma le tra stazioni presenti in provincia di Varese non sono rappresentative della zona di Agra.

Dati recenti molto interessanti sono invece stati ritrovati nei siti internet dell'Osservatorio Geofisico Prealpino di Varese e Centro Meteorologico Lombardo.

Di seguito si illustrano i principali dati reperiti in merito:

Evento alluvionale autunno 2000

Le precipitazioni totali dell'autunno 2002 hanno totalizzato, alla stazione di Varese, 1112.4 mm, che rappresenta un valore eccezionale, che è il massimo registrato nel periodo dal 1965 al 2000 e che rappresenta il 74% della media annua (1502.2 mm) .



La distribuzione mensile è stata la seguente (in parentesi il raffronto con la media di 35 anni): settembre 211.8 mm (144.6 mm) – ottobre 453.2 mm (164.8 mm) – novembre 447.4 mm (119.1 mm).

I valori massimi di precipitazione giornaliera sono stati di 114.2 mm il 17 novembre e 106.2 mm il 15 ottobre.

Di seguito si riporta il grafico della precipitazioni autunnali a Varese dal 1965 al 2000:

Il totale finale dell'anno 2000 è stato di 2236.8 mm di pioggia, molto oltre la media.

Le precipitazioni autunnali hanno causato una serie di problemi di dissesto e di esondazione di corsi d'acqua e dei Laghi.

Evento alluvionale novembre 2002

Il mese di novembre 2002 , con i suoi eccessi meteorologici, ha causato in tutta la Regione gravissimi problemi di frane ed esondazioni (Olona, Lambro, Seveso, Lago Maggiore e Lago di Como).

Nella stazione meteo di Varese nel mese sono stati registrati 669 mm di pioggia, contro la media mensile di 128 mm) e tale valore ha rappresentato il massimo assoluto mai registrato, superando abbondantemente il precedente record di 620 mm del 1951.

Tali piogge si sono concentrate principalmente in due eventi: dal 14 al 17 e dal 24 al 27 con diffusi superamenti delle soglie di allerta e di allarme.

Precipitazioni temporalesche del maggio 2008

Oltre a precipitazioni intense e prolungate negli ultimi anni si sono notevolmente accentuali gli eventi temporaleschi, con precipitazioni molto intense.

I dati raccolti sono relativi a quanto successo nel maggio 2008, ma situazioni di questo tipo sono sempre più diffuse (in bergamasca nel 2007 e nel 2008 si sono avuti eventi con precipitazioni in 30" molto sopra i 50 mm, fino anche a 90 mm).

Il 17 maggio 2008 l'Alto Varesotto è stato interessato da un imponente nucleo di precipitazioni: in poche opere gli intensi rovesci hanno prodotto accumuli di piogge superiori ai 100 mm sul Lago di Lugano, con un massimo di 158 mm a Massagno (a Brignano, in Bergamasca, le piogge hanno raggiunto i 183 mm).

2.3.3 Parametri pluviometrici per piogge brevi ed intense

L'ambito territoriale di riferimento risulta tuttavia poco fornito di stazioni meteorologiche di misura che riportino dati significativi per una serie continua e prolungata di osservazioni che consentano analisi di dettaglio sulle precipitazioni brevi ed intense a livello locale (precipitazioni inferiori ad 1 ora o, al massimo da 1 a 24 ore).

In queste situazioni, per poter avere dei dati di riferimento, è possibile utilizzare il lavoro condotto e pubblicato dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, nell'ambito del PAI. Si tratta di un'interpolazione spaziale con il metodo di kriging dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato.

I risultati sono riportati in una cartografia tematica con l'individuazione delle celle chilometriche pluviometriche e dei relativi parametri per il calcolo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni (vedi allegati).

L'ambito territoriale di Agra risulta coperto dalle celle pluviometriche (riportate nella tavola allegata) con i parametri pluviometrici di seguito riportati:

CM51 – CN51 – CM52 – CN52

Parametri pluviometrici di riferimento:

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
CM51	481000,00000	5099000,00000	56,51	0,420	71,49	0,425	77,90	0,427	86,36	0,428
CM52	481000,00000	5097000,00000	56,56	0,411	71,47	0,416	77,85	0,416	86,28	0,417
CN51	483000,00000	5099000,00000	54,37	0,420	68,70	0,426	74,83	0,426	82,91	0,428
CN52	483000,00000	5097000,00000	54,50	0,410	68,76	0,415	74,86	0,415	82,91	0,416

I valori indicati costituiscono un primo importante riferimento per le esigenze connesse a studi e progettazioni che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale.

Visto che le condizioni meteorologiche intense sono in progressivo aumento ed accentuazione negli ultimi anni e che le elaborazioni sopra riportate non ne tengono ancora conto, potrebbe essere valido, in fase di analisi idrologiche ed idrauliche, scegliere parametri più cautelativi, per esempio con lo scatto di una classe di Tr rispetto a quella usualmente scelta.

Quanto detto vale soprattutto per i calcoli inerenti i dimensionamenti di vasche e reti di scarico di acque piovane provenienti da aree urbanizzate, nonché per le progettazioni delle opere di difesa del suolo e salvaguardia idrogeologica.

2.4 ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE A GRANDE SCALA

L'assetto geologico-strutturale delle Prealpi Varesine è complesso e molto articolato; di seguito si illustrano sinteticamente i principali elementi caratteristici.

L'area è caratterizzata da deformazioni sia di tipo fragile che di tipo duttile.

Il principale sistema di pieghe, che presenta una direzione del piano assiale ENE-WSW, condiziona e governa l'andamento delle giaciture delle formazioni in quasi tutta l'area compresa tra il Lago di Varese, il Lago Maggiore ed il Lago di Lugano.

Per quanto riguarda la tettonica fragile sono presenti vari sistemi di faglie, tra cui prevalgono quelle a direzione ENE-WSW e quelle N-S.

I lineamenti tettonico-strutturali sono connessi alle due fasi orogenetiche che hanno interessato tale area nel corso della sua evoluzione geologica: l'orogenesi Ercinica e l'orogenesi Alpina.

All'orogenesi Ercinica (età Paleozoica) sono legati la foliazione presente nella Serie dei Laghi (che costituisce il substrato del territorio di Agra) ed i principali sistemi di fratture attraverso i quali sono risalite le masse laviche che, durante il Permiano, hanno dato luogo ai porfidi.

L'area settentrionale delle prealpi Varesine è caratterizzata da un substrato a micascisti e paragneiss della serie dei Laghi, serie che appartiene al basamento metamorfico del Sudalpino Occidentale.

La fase Alpina ha riutilizzato in parte alcuni lineamenti tettonici permiani ed ha determinato la formazione di piegamenti di seconda fase e fratture discordanti.

L'area meridionale delle prealpi varesine è interessata dalla presenza dei seguenti elementi strutturali principali (vedi allegati):

- Sistema di faglie S. Martino – Monte Nudo, che dislocano la porzione settentrionale della successione sedimentaria del Bacino del Monte Nudo;
- Sinclinale della Valcuvia, costituita da una piega strizzata e fagliata;
- Faglia di Marzio costituisce l'elemento tettonico-strutturale principale, la cui importanza è stata riscontrata anche a livello regionale. E' lungo questo allineamento che nel Permiano si delineò un'area in sollevamento ("Soglia dell'Arbostora" da Kälin e Trümpy - 1977), la cui stabilità ed importanza a livello paleogeografico si protrassero fino al Lias inferiore (Giurassico). Tale soglia separava il Bacino del M. Nudo, ad occidente, dal Bacino del M. Generoso;
- Anticlinale Brinzio-Maroggia: si tratta di una piega aperta che interessa larga parte della seria stratigrafica del Varesotto;
- Sinclinale del Lago di Varese: trattasi di una piega aperta asimmetrica, con asse decorrente al di sotto del Lago di Varese. E' l'elemento di raccordo tra l'anticlinale Brinzio-Maroggia e la piega frontale del Varesotto;
- Piega faglia frontale: si tratta di una piega avente vergenza sud riconosciuta prevalentemente mediante dati geofisici.

2.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Agra è caratterizzato dalla presenza di un substrato roccioso riferibile alla sequenza sedimentaria prequaternaria di età Pre-Permica, formata principalmente dagli *Scisti dei Laghi*, che rappresentano il basamento scistoso cristallino di origine metamorfica sottostante le Vulcaniti del Varesotto.

L'impronta deformativa e metamorfica principale è di età ercinica (pre-Caradociano - Vai et Alii, 1984) verificatasi in condizioni di pressione intermedia in facies anfibolitica, a cui si è sovrapposta una fase alpina in facies di scisti verdi.

In allegato è riportato lo stralcio la carta geologica – scala 1:100.000 – foglio 16 "Cannobio" del SGI.

Una carta geologica di dettaglio, cui si rimanda, è contenuta nello studio geologico del Comune di Agra del dr. Belli – dr. Monacchi del 2004.

Gli Scisti dei Laghi sono costituiti da una serie così composta:

- Gneiss minuti
- Micascisiti e paragneiss
- Ortogneiss (gneiss granitotidi).

GNEISS MINUTI

La formazione è costituita da strati di gneiss molto fini, di colore grigio scuro, massicci, con mica nera, talvolta con riflessi verdastri, o rossastri per alterazione; questi strati sono abbastanza regolarmente alternati con livelli di micascisti facilmente alterabili, ricchi in mica, molto scistosi e foliati. Gli gneiss hanno strati spessi da pochi centimetri fino ad un paio di metri.

Il contatto tra gli gneiss minuti e gli gneiss granitotidi è caratterizzato da una fascia di transizione in cui gli gneiss granitoiodi divengono maggiormente stratificati e si presentano con bande di colore più chiaro alternate a bande di colore più scuro.

MICASCISTI E PARAGNEISS

Queste rocce sono caratterizzate da stratificazione sempre ben evidente, con potenza degli strati che varia da pochi centimetri a 2-3 metri, anche se in generale la maggior parte degli strati ha uno spessore compreso tra 5 e 20 centimetri.

E' caratteristica la presenza di vene di quarzo, con spessore variabile fra pochi centimetri e qualche decimetro.

Il colore è generalmente bruno tendente al rossastro per la presenza della patina di alterazione superficiale; sulle superfici non alterate gli gneiss risultano di colore grigio ed i micascisti più scuri.

Nel complesso sono più abbondanti i micascisti dei paragneiss e l'alternanza delle due litologie è molto varia e caotica.

Tali rocce costituiscono la porzione inferiore metapelitica della Serie dei Laghi.

ORTOGNEISS (GNEISS GRANITOIDI)

Si tratta di gneiss granitoidi composti da quarzo, feldspato potassico, plagioclasio e biotite senza alcuna, oppure rare, intercalazioni di composizione mineralogica differente. Gli gneiss granitoidi hanno una struttura a flaser, propria di rocce massive e sgranulate divise in aggregati lentiformi allungati nelle superfici di cataclasi, più raramente una struttura occhiadina dove grandi "occhi" di feldspato sono avvolti da letti micacei.

Negli gneiss granitoidi è presente una tessitura scistosa data dall'orientazione delle miche.

Nella zona oggetto di studio la Serie dei Laghi è rappresentata in prevalenza da micascisti e paragneiss, nocciola-bruno, in alterazione tendente al nero. Le rocce in genere si presentano da scistose a sottilmente lenticolari, talora milonitizzate, e, a volte, con tessitura occhiadina. *Il substrato presenta piani di scistosità con inclinazione da 80 gradi a verticale, e direzione azimutale compresa tra 5° e 20°.*

Il substrato risulta localmente ricoperto da depositi di varia natura, spessore e genesi.

I principali depositi sono correlati all'azione glaciale quaternaria, azione che ha alternato fasi erosive (fasi di massimo sviluppo glaciale con sviluppo di estese superfici di spianamento glaciale) e fasi deposizionali (connesse alle fasi di ritiro glaciale), con la messa in posto di depositi glaciali che ammantano in modo discontinuo e con spessori molto variabili, il sottostante substrato roccioso.

Le unità quaternarie rappresentate nel territorio comunale sono costituite da:

ALLOFORMAZIONE DI CANTÙ (PLEISTOCENE SUPERIORE)

La formazione è costituita da depositi glaciali, fluvioglaciali, di contatto glaciale.

La stessa è caratterizzata da una superficie limite superiore con grado di alterazione da basso a nullo e ciottoli da sani a parzialmente alterati. I depositi presentano colorazione generalmente tendente al giallastro.

L'Alloformazione di Cantù è costituita da depositi glaciali s.l., a loro volta suddivisibili in varie tipologie legate alla genesi:

- *till di ablazione:* diamicton in genere massivo ed a supporto di matrice con clasti eterometrici anche di notevoli dimensioni immersi in una matrice sabbioso limosa. Il

diamicton può essere in parte rielaborato da acque correnti con presenza di una grossolana stratificazione.

- *till di alloggiamento:* diamicton con clasti in matrice limosa. I clasti sono raramente di grosse dimensioni e possono talvolta essere striati e sovente sagomati a "ferro da stiro". La matrice limosa è più abbondante che nei till di ablazione ed è, in genere, sovraconsolidata.
- *till di colata:* ghiaia massiva in abbondante matrice limoso sabbiosa sovraconsolidata. I clasti sono da spigolosi a subarrotondati, alcuni a forma di "ferro da stiro" o striati.
- *depositi fluvioglaciali e di contatto glaciale*: sono costituiti da ghiaia da media a grossolana, da male a ben selezionata, a supporto di matrice (costituita da sabbia e ghiaia fine).

Il deposito si presenta da ben stratificato a grossolanamente stratificato e lo spessore degli strati varia da decimetrico a metrico.

La granulometria è molto variabile:

- ghiaia media ben selezionata a supporto di matrice sabbioso ghiaiosa,
- ghiaia da fine a media, massiva, a supporto di clasti,
- alternanza di ghiaia media, a supporto di matrice sabbiosa, e sabbia grossolana con ciottoli molli di dimensioni massime 20 cm,
- alternanza di ghiaia pulita e di sabbia a laminazione pianoparallela,
- sabbia da fine a grossolana, talora limosa, in lamine pianoparallele, con ciottoli sparsi, più raramente massiva o con laminazione obliqua a basso angolo, laminazione incrociata concava, laminazione a festoni.

UNITÀ POSTGLACIALE

L'Unità postglaciale è un'unità che comprende i depositi messi in posto dopo il ritiro del ghiacciaio dell'Episodio Cantù, tuttora in corso di evoluzione; tale unità comprende i depositi che venivano cartografati come "depositi recenti e attuali".

La superficie limite superiore coincide con la superficie topografica ed è caratterizzata da un'alterazione poco evoluta con suoli poco sviluppati.

L'Unità è costituita sia da depositi fluviali recenti che da depositi di versante.

I depositi fluviali recenti si rinvengono all'interno degli impluvi, e sono costituiti principalmente da ghiaie e sabbie, generate dall'erosione e successivo trasporto dei materiali costituenti le sponde.

I depositi di versante s.l., ed i depositi di frana sono costituiti da diamicton massivo a supporto di clasti con scarsa matrice limosa o sabbiosa.

I clasti sono eterometrici, di provenienza locale, da subangolosi ad angolosi e si presentano inalterati.

I depositi di versante ed i detriti di falda sono costituiti da clasti spigolosi a supporto di abbondante matrice limosa o a supporto di clasti. I clasti sono in genere di dimensioni contenute (centimetrico – decimetriche).

2.5.1 Carta litologica

A completamento dell'inquadramento geologico – litologico del territorio comunale di Agra, è stata predisposta la carta delle litologia superficiale (tavola n° 1).

Tale carta è stata derivata dai documenti disponibili (carta litologica della Provincia di Varese, carta di inquadramento geologico e litologico del precedente studio geologico Monacchi e Belli – 2004) ed è stata verificata ed aggiornata con i dati di sottosuolo e dei rilievi geologici in sito.

La carta della litologia superficiale riassume graficamente i dati relativi all'estensione ed alla natura litologica delle principali litozone subsuperficiali che occupano il territorio comunale di Agra.

I passaggi tra una litozona e quella adiacente sono stati marcati con tratto continuo anche se in realtà si assiste spesso a transizioni graduali o a "intergiditazioni" dalle Unità; nella redazione della carta è stato considerato indicativamente il valore medio rappresentativo.

La metodologia di rilevazione in sito dei dati adottata, ed in particolare la dislocazione dei punti di rilievo e controllo, si è basata su criterio discrezionale in relazione alle conoscenze del territorio comunale, maturate a seguito dei numerosi sopralluoghi e rilievi eseguiti.

Nella redazione della carta della litologia affiorante è stata attribuita principale rilevanza alla composizione granulometrica dei depositi superficiali ed al loro spessore presunto, in modo da fornire utili indicazioni anche in merito alla profondità del substrato roccioso in posto, rispetto al piano campagna.

La carta si propone, ovviamente, di fornire un'indicazione di massima sulle caratteristiche litologiche, rimandando analisi più approfondite alle verifiche di supporto alla progettazione.

Nella "classificazione" litologica non è stata considerata la genesi dei sedimenti e si deciso di privilegiare l'aspetto granulometrico.

Successivamente, ad ogni "classe" litologica individuata è stato attribuito uno spessore della coltre superficiale, da intendersi come profondità media dal piano campagna al quale è presente il substrato roccioso in posto, poco o nulla alterato.

In generale i dati emersi ed illustrati nella carta litologica, sono coerenti con le determinazioni di campagna, in relazione alla variabilità di ciascuna classe.

In linea generale lo spessore dei depositi superficiali è minore laddove l'acclività dei versanti è più accentuata e maggiore laddove interruzioni di pendenza, hanno consentito l'accumulo di spessori consistenti di sedimenti; si tratta di una valutazione generale ma esistono aree in cui sono presenti depositi potenti su aree di media ed elevata acclività per la presenza di terreni particolarmente compatti e/o con una componente coesiva.

Le classi granulometriche individuate durante la determinazione speditiva di campagna, possono presentare, al loro interno, variabilità laterali anche significative in relazione alle differenti modalità di messa in posto, alla presenza di irregolarità del substrato roccioso o alla presenza di elementi di discontinuità geologica.

Pertanto, come già detto, sia la distinzione delle classi che l'indicazione degli spessori presunti sono da ritenersi come dati medi ed indicativi.

L'attribuzione dei terreni alle diverse classi granulometriche di appartenenza è stata eseguita con metodi speditivi basati sull'assetto geologico del territorio e sull'osservazione delle superfici di affioramento, lungo scarpate naturali o di genesi antropica (tipicamente scarpate stradali, quindi con tagli limitati); questo perché come già accennato in Comune non è stato possibile reperire dati di indagini geologiche di sottosuolo, con la sola eccezione di due stendimenti geofisici.

In carta è ubicata la localizzazione dei dati di sottosuolo disponibili, dati il cui dettaglio è riportato in allegato.

Utilizzando quindi tutti gli elementi disponibili è stata redatta, seguendo il medesimo criterio di prevalenza, la relativa carta tematica della litologia di superficie, nella quale le diverse tonalità cromatiche, definiscono le litozone attraverso la loro prevalenza granulometrica e, considerata l'importanza per le valutazioni successive nel presente piano, per gli spessori medi.

Non si può escludere, in relazione alla scala adottata, nonché alle variabili precedentemente indicate, la presenza locale di situazioni difformi da quelle previste.

Le classi in cui è stato distinto il territorio di Agra sono di seguito dettagliate.

Unità 1 - Substrato roccioso affiorante/subaffiorante

Questa unità raggruppa i litotipi del substrato roccioso affiorante (appartenente agli Scisti dei Laghi), al più, ammantato da una coltre di sedimenti di natura prevalentemente eluviale, di spessore estremamente ridotto e per lo più mediamente quantificabile in alcuni decimetri.

Questa unità è presente in molte zone del territorio Comunale e principalmente in corrispondenza delle culminazioni di creste, nelle incisioni vallive più profonde e in generale laddove il versante risulta maggiormente acclive.

Unità 2- Ghiaie e sabbie

In questa unità sono ricompresi depositi di natura detritica (depositi di versante, detrito di falda, depositi di frana, alluvionali, ecc.), eluvio-colluviale, ma anche materiali di genesi glaciale, rimanaggiati dalla dinamica dei versanti recente.

Si tratta di materiali prevalentemente ghiaiosi, con una matrice a prevalente natura sabbiosa; il supporto passa da granulare a di matrice in funzione della genesi (granulari per i materiali detritici, di matrice sabbiosa per quelli glaciali s.l.), senza che ciò alteri in maniera sostanziale le caratteristiche generali.

In riferimento alla classificazione CNR UNI 10006 questi depositi possono essere attribuiti alle classi A1 ed A2 (rocce ghiaiose sabbiose), con possibilità di locali aree a supporto di matrice di tipo A4.

Tali depositi sono estesi generalmente al piede degli affioramenti rocciosi o comunque in aree marginali ad essi, a costituire un "raccordo" con le aree caratterizzate da litologia con spessori più sviluppati (porzioni nord, est ed ovest del territorio Comunale).

Lo spessore medio di tale classe litologica può ritenersi generalmente molto contenuto ed in genere compreso tra 1 m e 2 m.

Nella porzione sud del territorio Comunale questi depositi sono caratterizzati dalla presenza anche di materiale glaciale, anche rimaneggiato.

Questo aspetto fa si che in questa zona, come anche in altre aree in la morfologia si fa più blanda, gli spessori possono essere anche superiori (fino anche a 3-4 metri, come è stato verificato visivamente in alcune porzioni di scavi per interventi edilizi e/o in alcuni sbancamenti nella zona Vignone, Madonna della Lupera ed un tratto di versante a valle della SP di accesso ad Agra).

Il grado di permeabilità è medio e lo scorrimento delle acque sotterranee avviene generalmente a livello del contatto con la roccia, considerato anche il ridotto spessore dei depositi; in caso di spessori maggiori dei depositi è possibile la locale formazione di piccole faldine sospese tra la parte granulare e quella limosa.

Unità 3 - Sabbie limose con ciottoli (ridotto spessore)

Tale unità comprende principalmente materiali di genesi glaciale, ma con l'aggiunta anche di terreni di natura fluvioglaciale e di contatto glaciale, oltre che, localmente, di natura eluvio colluviale.

Si tratta di materiali con una matrice a prevalente natura limosa e sabbiosa al cui interno sono contenuti ghiaie e ciottoli; il supporto è generalmente di matrice, con la parte granulare ghiaiosa subordinata.

In riferimento alla classificazione CNR UNI 10006 questi depositi possono essere attribuiti in prevalenza alla classe A2 (ghiaie limose), con passaggio alla classe A4.

Questi depositi sono estesi generalmente nelle porzioni di versante con media acclività e costituiscono una fascia di raccordo tra le zone con substrato subaffiorante e le zone subpianeggianti del territorio Comunale (centro abitato principale di Agra, ecc.).

Lo spessore medio di tale classe litologica può ritenersi generalmente compreso tra 1 e 2 m.

La permeabilità è da media a scarsa e dato lo spessore ridotto lo scorrimento delle acque avviene o a livello superficiale oppure al contatto con la roccia.

4) Sabbie limose con ciottoli, alternate a ghiaie e sabbie

Dal punto di vista litologico e genetico questa classe è analoga alla precedente: materiali di genesi glaciale, ma anche fluvioglaciale e di contatto glaciale, costituiti di una matrice a prevalente natura limosa e sabbiosa al cui interno sono contenuti ghiaie e ciottoli.

Il maggiore spessore del pacco di sedimenti fa si che spesso vi siano intervallati livelli differenti, legati alla diversa genesi, e quindi rispetto all'unità precedente possibile rinvenire anche livelli con poca / nulla matrice (ghiaie e sabbie)

In riferimento alla classificazione CNR UNI 10006 questi depositi possono essere attribuiti in prevalenza alla classe A2 (ghiaie limose), con passaggi alla classe A4 ed A1.

Tale classe litologica si estende generalmente alle porzioni di territorio comunale meno acclivi, ai ripiani su cui sorge il centro di Agra o comunque alle porzioni di territorio che per caratteristiche morfologiche e/o geologiche, hanno consentito la sedimentazione di materiali con spessori più consistenti.

Rispetto alla precedente classe i materiali sono generalmente più compatti e lo spessore medio di tale classe litologica può ritenersi generalmente superiore a 2 m e, per quanto è stato possibile acquisire e verificare, in genere fino a 4 metri.

Si è ritenuto opportuno separare questa classe dalla precedente perché la differenza di spessore diventa importante anche ai fini geotecnici: i depositi della precedente categoria possono essere asportati completamente per interventi edilizi, mentre in questo caso gli

spessori sono tali da far si che saranno questi materiali a costituire il sottofondo degli interventi edilizi ordinari.

La permeabilità è da media a scarsa.

Lo scorrimento delle acque avviene o a livello superficiale oppure al contatto con la roccia ma considerata la presenza di spessori di depositi non trascurabili è possibile anche la formazione di faldine sospese, per le variazioni litologiche interne.

2.6 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto geomorfologico del territorio è rappresentato nella "Tavola n° 2 – Carta Geomorfologica con elementi idrologici ed idrogeologici", che illustra gli elementi salienti riconosciuti durante i sopralluoghi e rilievi condotti sul territorio comunale di Agra.

Il presente paragrafo illustra gli aspetti geomorfologici; l'idrologia e l'idrogeologia sono illustrate nei paragrafi seguenti.

Alcuni degli elementi morfologici più appariscenti presenti nel territorio comunale, (contropendenze e allineamento di tratti fluviali) sono controllati dalle caratteristiche strutturali del substrato roccioso.

Il substrato roccioso, infatti, presenta piani di scistosità, che sono piani di debolezza strutturale, che hanno una giacitura compresa tra i 80°-90° di inclinazione e 5°-20° di direzione.

Nel territorio si sono osservate alcune contropendenze presenti sui versanti che sono grossomodo allineate secondo queste direzioni.

L'allineamento di alcuni tratti dei torrenti, particolarmente incisi, come ad esempio il tratto iniziale del Torrente Livro, e alcuni tratti del Torrente Ronchetto (dopo la confluenza dei due rami), è sicuramente impostato lungo piani di scistosità, in questi tratti sono presenti i maggiori fenomeni franosi rilevati nel territorio comunale, fenomeni che interessano il substrato roccioso con fenomeni di ribaltamento e crollo.

I fenomeni riconosciuti sono per la maggior parte di locali fenomeni di crollo e, in misura minore, fenomeni di scivolamento della coltre detritica sopra il substrato roccioso.

Sono tutti fenomeni di modesta estensione e non interferiscono direttamente con le aree edificate od edificabili del territorio comunale; sono inoltre localizzate in aree fittamente boscate, in cui la vegetazione arborea riveste sicuramente un ruolo di protezione.

Proprio in considerazione di quanto sopra (limita estensione, non interazione con urbanizzazioni e/o aree di espansione, oltre a mancanza di dati storici e di analisi di intervento di consolidamento) si è ritenuto di non procedere alla predisposizione delle schede di censimento della d.g.r.

I crolli sono stati rappresentati, nella carta geomorfologica, come elementi puntuali allineati lungo direttrici principali, che rappresentano i punti di distacco dei cunei rocciosi e/o dei blocchi instabili; per gli scivolamenti si è indicata la zona di distacco.

Le pareti rocciose da cui potenzialmente possono prendere origine gli scendimenti di blocchi sono di altezza per lo più modesta e di estensione laterale contenuta; i dissesti sono probabilmente da porre in relazione a fenomeni di "detensionamento" superficiali a seguito dello "scioglimento" dei ghiacci che nell'ultima pulsazione positiva, ammantavano l'intero territorio comunale, determinando una compressione sugli ammassi rocciosi.

In base ad analisi empiriche e soprattutto alle osservazioni in sito della zone di crollo e di arresto è stato possibile, applicando il metodo speditivo dei criteri riportati nell'Allegato 2 "Procedure per la valutazione della pericolosita' da frana – Pericolosità per fenomeni di crollo" della DGR 8/7374, perimetrare le aree potenzialmente interessate dal rotolamento dei blocchi, intese sia come aree di distacco e rotolamento/crollo attivo, sia come zone di arresto.

Il metodo applicato del "cono d'ombra", che sottende la zona in cui la maggior parte dei blocchi si dovrebbero arrestare (secondo il metodo indicato nel citato Allegato 2), ha quindi consentito di rappresentare, nella carta di sintesi, i perimetri delle aree potenzialmente interessate dalle frane di crollo.

Come già accennato, in relazione alla modesta altezza delle pareti da cui gli scendimenti prendono origine ed alla morfologia dei versanti, caratterizzata da interruzioni di pendenza e dalla presenza di ripiani, le aree potenzialmente interessate dai fenomeni di crollo, risultano relativamente modeste e non interferenti con l'edificato/edificabile.

Per gli scivolamenti dei terreni si è utilizzato lo stesso criterio, indicando nel perimetro della carta di sintesi sia l'area direttamente in dissesto che le zone di possibile espansione, anche se, data la limitata entità dei fenomeni (piccoli scivolamenti di copertura sul substrato roccioso) si tratta sempre di aree molto contenute.

Stante la situazione sopra descritta (fenomeni di dissesto molto contenuti e limitati e non interagenti con zone urbanizzate) non vi sono sul territorio particolari opere di difesa del suolo, salvo alcune briglie nella parte bassa del torrente Valeggio (valle Lupera), censite in carta.

Nel territorio è molto frequente la presenza di muretti a secco, realizzati con pietrame locale, che sono stati utilizzati nei secoli per mantenere il territorio in modo corretto e che sono tutt'ora, in molte aree, funzionali.

Si tratta di elementi molto diffusi che non sono stai censiti con il presente lavoro.

In carta sono inoltre stati indicati i principali orli di scarpata morfologica localizzati in corrispondenza dei bruschi cambi di pendenza, laddove la morfologia debolmente acclive del pianalto su cui sorge Agra, si raccorda ai ripidi versanti sottostanti.

Tali elementi al momento non sono fonte di fenomeni di dissesto e/o di arretramento.

Spettacolari risultano in alcuni punti del territorio le morfologie di genesi glaciali quali le superfici di spianamento, le rocce montonate e le strie glaciali, che indicano le direzioni di scorrimento delle masse glaciali.

Tali morfologie risultano particolarmente rilevanti, perché ancora ben conservate, nei pressi della Loc. Bedore e lungo il Motto dei Cornetti ed in carta è stato riportato il posizionamento dei principali e più spettacolari elementi osservati.

Sempre in relazione agli aspetti legati alla dinamica glaciale in carta è stato indicato un allineamento di cordone morenico, di cui è ancora ben visibile la morfologia, nella zona sud-est del territorio Comunale.

2.6.1 Verifica del quadro del dissesto con le carte PAI e IFFI

La cartografia della dinamica geomorfologica è il primo documento fondamentale per il censimento delle situazioni di dissesto e per la valutazioni in merito al loro stato di attività.

In questa fase, al fine di fornire un quadro che fosse il più possibile dettagliato, si è proceduto alla verifica diretta sia dei documenti disponibili che, soprattutto, sul terreno, dei

fenomeni di dissesto segnalati nei principali documenti cartografici di riferimento in materia e precisamente: l'Atlante del dissesti del PAI e la carte inventario dei fenomeni franosi – IFFI – della Regione Lombardia.

Ulteriori documenti in materia sono contenuti nel PTCP della Provincia di Varese ed alle valutazioni in merito è stato dedicato il par. 2.11.

Le carte del PAI non segnalano nel territorio di Agra alcun dissesto.

Le carte IFFI della Regione Lombardia segnalano una serie di elementi e precisamente:

- alcune aree di crollo / ribaltamento massi,
- una zona a franosità diffusa attiva in località Bedorè,
- un'ampia area di frana per scivolamento, relitta, nella parte sud-est del territorio comunale, che interessa anche il Comune sottostante.

A seguito dei rilievi e delle verifiche effettuate è emerso il seguente quadro aggiornato:

- le aree di crollo indicate sono state confermate, la loro perimetrazione è stata rivista in base alle verifiche di terreno e sono state anche potenziate,
- per quanto riguarda la zona a franosità diffusa in loc. Bedorè sul terreno sono stati osservati fenomeni di dissesto per crollo, leggermente più a valle, che sono stati censiti come sopra indicato. Una zona con presenza di piccole emergenze di acqua ed alcuni piccoli fenomeni franosi di scivolamento / ruscellamento sono stati osservati e censiti nella porzione sud della loc. Bedorè,
- l'ampio fenomeno franoso per scivolamento nella parte sud-est del territorio e che coinvolge anche il sottostante Comune di Maccagno è individuato nelle carte IFFI con uno stato di attività relitto ("frana originatasi in condizioni geomorfologiche o

climatiche considerevolmente diverse da quelle attuali, di cui si ritiene impossibile una riattivazione per opera di quelle o di altre cause"). Si tratta quindi di un fenomeno che non ha alcuna influenza ai fini della classificazione del territorio in termini di fattibilità geologica ma si è comunque proceduto ad una serie di verifiche sul terreno e la situazione emersa non conferma quanto sopra. E' stata infatti osservata la presenza di un substrato roccioso subaffiorante con depositi di spessore contenuto, senza alcuna indicazione di presenza di una paleofrana, ma solo di una morfologia glaciale con un'area a debole pendenza seguita da una più acclive. Alla luce delle valutazioni sopra riportate si è deciso di non inserire nelle cartografie del presente piano tale fenomeno.

Gli elementi rilevati sono stati utilizzati per la carta di fattibilità e di sintesi ed anche per l'aggiornamento del quadro del dissesto PAI.

2.7 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'idrografia superficiale del territorio comunale risulta articolata secondo il reticolo naturale visualizzato in tavola n° 2.

Le aste torrentizie sono caratterizzata da basso grado di gerarchizzazione, raggiungendo al più il terzo o quarto ordine della gerarchizzazione di Stralher, in relazione alla vicinanza allo spartiacque principale, alla limitata lunghezza dei corsi d'acqua e alla modesta estensione dei bacini idrografici sottesi.

Il reticolo presente nel territorio di Agra è riferibile unicamente al reticolo idrico minore, le cui competenze in materia di polizia idraulica sono delegate al comune.

In corrispondenza delle incisioni operate dai corsi d'acqua di maggior sviluppo, si possono apprezzare significativi incrementi nel gradiente di pendenza, per la presenza di orli e scarpate fluviali, di scarpate di erosione e di terrazzi alluvionali variamente incisi.

E' importante puntualizzare che il territorio di Agra è una sorta di altopiano ed il crinale che costituisce la parte alta del Comune è uno spartiacque.

Per questo il reticolo idrico è presente solamente nella sua porzione superiore e mediana; le valli ed i torrenti proseguono poi nei comuni limitrofi, aumentando progressivamente la loro portata e la loro capacità erosiva e conseguentemente la possibilità di creare problemi a carattere idraulico ed idrogeologico.

L'attenzione al reticolo idrico deve essere massima anche in relazione a questo aspetto, per non generare problematiche che possano trasmettersi a territori posti a valle.

Anche i bacini inseriti nel S.I.B.C.A. hanno la loro sezione di chiusura esternamente al territorio Agra, nei Comuni di Dumenza, Maccagno e Luino.

In carta oltre al tracciato del reticolo idrico sono stati segnalati anche altri elementi quali:

- Linee di spartiacque: è un elemento importante perché per la propria posizione altimetrica il territorio di Agra, nella sua parte di cresta, rappresenta un importante spartiacque per l'intera zona.
- Vallette con fondo ad U: è la conformazione tipica della porzione superiore degli impluvi, caratterizzati da una bassa portata di acqua e da blande pendenze, fattori che fanno si che la forza erosiva delle acque sia estremamente ridotte.
- Vallette con fondo a V: questo elemento è in genere sintomo di una maggiore forza erosiva delle acque, connessa a portate di acqua di piena elevate e forte acclività.

Questa conformazione è tipica dei corsi d'acqua del sistema della valle Lupera nel tratto mediano e terminale e del tratto mediano del ramo idrografico sinistro del torrente Ronchetto tra via del Sole e via dei Poncioni.

- Ruscellamenti: si tratta di aree in cui si sono osservate tracce di fenomeni di erosione per ruscellamento, diffuso e/o concentrato, senza che tali aree ricadano in veri e propri torrenti.
- Orli di scarpata di erosione fluviale attiva: si tratta di elemento morfologico molto importante, perché fortemente evolutivo. I principali fenomeni erosivi di sponda sono stati osservati nei corsi d'acqua del sistema della Lupera, nella parte mediana-inferiore e lungo il torrente Ronchetto a valle di via dei Poncioni.
- Tombotti di attraversamento e briglie: sono stati censiti tutti gli attraversamenti presenti lungo il reticolo idrico e le briglie realizzate in alveo per il consolidamento del fondo.

La rete idrografica è contraddistinta dalla presenza dei corsi d'acqua che vengono di seguito elencati:

1. Sistema del Torrente della Lupera (comprendente i rami Riggio, Laoncio, Prancheggio, Livro e Valliggio),
2. Torrente Ronchetto,
3. Rio Valia,
4. Impluvi minori (Rio Musgnone, Rio Ruzzolo, Rio Gamborera).

Sistema del Torrente della Lupera

Questo sistema idrico è il principale del territorio e drena le acque di quasi tutta la porzione sud-orientale del Comune.

Lo stesso è costituito da un insieme di impluvi, tra cui è possibile citare il T. Riggio, il T. Lancio, il T. Prancheggio, il T. Livro e del T. Valliggio, che confluiscono tra loro in corrispondenza del Santuario della Madonna della Lupera.

In questo sistema si raggiunge il massimo sviluppo e la massima gerarchizzazione del reticolo Comunale, con alcune aste che raggiungono il terzo ordine.

Tutti gli impluvi presentano la medesima struttura:

- la parte superiore è poco o nulla sviluppata, sia per la vicinanza allo spartiacque sia per l'elevata urbanizzazione
- la porzione mediana si sviluppa nella parte bassa del centro abitato, scorre su depositi di natura glaciale e fluvioglaciale con pendenze medio-basse
- la porzione terminale, a valle della via per Colmegna ed ancor più a valle del Santuario della Lupera, si sviluppa sul substrato roccioso affiorante e/o subaffiorante e le pendenze sono decisamente acclivi.

Non vi sono stazioni di monitoraggio idrometrico né vi sono misure dirette e/o indirette delle portate di deflusso.

Durante i rilievi, in diversi periodi dell'anno, è sempre stato osservato lo scorrimento di acqua negli impluvi principali.

Torrente Ronchetto

Questo torrente rappresenta il secondo elemento idrografico, per importanza, del territorio comunale e drena le acque della porzione più occidentale dell'area urbanizzata.

Il Torrente Ronchetto è costituito da due rami, che corrono circa paralleli tra loro, con una direzione media nord-sud nella parte alta.

A valle della confluenza dei due rami la direzione cambia bruscamente a nord-est /sud-ovest, per ritornare nord-sud nella parte terminale del Comune.

La pendenza media del torrente è di circa il 20%, ma, come anche per i torrenti sopra analizzati, la morfologia varia in modo importante lungo il tracciato.

La parte superiore e mediana è caratterizzata da un'alternanza di tratti a pendenza blanda e media, connessi alla presenza di depositi di varia natura ed all'elevata urbanizzazione della zona.

La porzione inferiore, a valle della confluenza, è fortamente acclive, con il substrato roccioso affiorante e la presenza di fenomeni di erosione importanti sulle sponde.

Anche in questo caso durane i rilievi è sempre stata osservata la presenza di acqua di scorrimento.

Torrente Valia

Questo impluvio interessa il Comune di Agra per una lunghezza molto limitata (soli 250 m) e drena le acque della porzione sud-est del centro abitato.

La pendenza presenta una netta accentuazione nella parte mediana e terminale per la presenza del substrato roccioso.

Torrenti minori

Sono presenti nel territorio comunale una seri di impluvi minori quali il Torrente Ruzzolo, il Torrente Musgnone ed il Torrente Gamborera, tutti esterni e distanti all'area urbanizzata, che drenano le porzioni nord ed ovest del territorio Comunale.

Questi corsi d'acqua sono caratterizzati da pendenze notevoli, dal 24% al 36% e la presenza di acqua è a carattere stagionale.

2.7.1 Indicazioni per il calcolo della portata di massima piena

La portata di un corso d'acqua è una grandezza che dipende da parametri molto variabili, sia nel tempo sia nello spazio, relativi al percorso che l'acqua compie durante il suo ciclo idrologico.

La variabile "precipitazione meteorica", insieme alla variabile "superficie del bacino", è uno dei fattori di controllo principali delle portate dei corsi d'acqua.

L'analisi della distribuzione nel tempo della quantità di pioggia caduta, in mancanza di una stima della portata di piena che derivi da osservazioni dirette fatte in passato nel sito, è da considerarsi come una ipotesi per la valutazione delle portate.

In particolare l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi permettono di definire un periodo di tempo (detto tempo di ritorno) che intercorre, in media, tra due eventi di pioggia intensa che causano il superamento della portata di piena.

Si ricorda che l'altezza della pioggia è esprimibile da una funzione del tipo $H = at^n$ (dove t è il tempo di durata della pioggia espresso in ore), e per le valutazioni nel territorio di Agra è possibile fare riferimento ai parametri "a" ed "n" indicati nel paragrafo 2.3.

Per il calcolo delle portate di massima piena del bacino, con diversi tempi di ritorno, è possibile utilizzare la procedura suggerita dalla "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" del P.A.I. per bacini di limitata estensione.

Nel calcolo dell'altezza della pioggia critica si sostituisce a t il valore del tempo di corrivazione Tc, ricavato dalla formula empirica di Giandotti (3).

Il tempo di corrivazione corrisponde al tempo che una particella d'acqua impiega a percorrere la distanza tra il punto più distante verso monte del bacino e la sezione di chiusura verso valle del bacino stesso e definisce la durata minima della pioggia perché tutto il bacino possa contribuire al deflusso nella sezione terminale.

(3)

$$T_c\,(ore) = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1{,}5 \times l}{0{,}80 \times \sqrt{\overline{H}_m}}$$

dove le variabili sono:

Tc (ore) = tempo di corrivazione

S (kmq) = area del bacino idrografico sotteso dalla sezione di misura

l (km) = lunghezza dell'asta valliva principale

H (m) = altitudine media ponderata del bacino, ricavata dalla seguente formula:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} h_i \times S_i}{S}$$

hi = altitudine media tra due direttrici (curve di livello considerate);

Si = superficie compresa tra le due direttrici;

H_0 (m) = quota della sezione di chiusura;

$\overline{H}$ m = H(m)-H_0(m) = altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura.

Per la determinazione della portata massima (Qmax, portata di piena) del bacino idrografico, essendo lo stesso considerato piccolo per estensione, si utilizza la formula del metodo razionale (4):

$$Q_{\max}\left(m^3/\sec\right) = \frac{0{,}278 \times Cd \times S \times H_{crit}\left(t,T\right)}{T_c}$$

(4)

dove le variabili sono:

H (mm) = altezza della pioggia caduta in un tempo Tc

S (kmq) = superficie del bacino idrografico

T_c (ore) = tempo di corrivazione del bacino

Cd = coefficiente di deflusso

Quest'ultimo coefficiente tiene conto di tre fattori:

- il fattore di ragguaglio (cr) della precipitazione alla superficie del bacino idrografico;
- il fattore di trattenuta del terreno (cd), funzione della capacità di assorbimento del terreno;
- il fattore di laminazione (cl) che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico dello stesso.

La stima del coefficiente di deflusso, a causa della variabilità dei fattori cr, cd e cl e della difficoltà della loro misura, è un punto critico e costituisce il maggior elemento di incertezza nella valutazione della portata.

In accordo con i valori proposti in una guida dalla F.A.O. e nei manuali idraulici indicati dalla direttiva piene dell'Autorità di Bacino del fiume Po, in relazioni alle condizioni geologiche, geomorfologiche e vegetazionali generali del territorio e delle aree contermini si utilizza un valore di Cd variabile tra 0,40 e 0,45.

Si tratta di valori abbastanza elevati, che tengono conto della ridotta estensione dei bacini idrografici e dell'assetto geologico con presenza di substrato spesso subaffiorante.

Tali valori risultano abbastanza coerenti anche con i valori indicati nel S.I.B.C.A. della Regione Lombardia per l'area specifica, relativi ai bacini che prendono origine dallo spartiacque di Agra (vedi allegati).

La formula del metodo razionale si basa sui seguenti presupposti:

- la precipitazione è costante nel tempo ed è uniformemente distribuita su tutto il bacino, in modo tale che alla sezione di chiusura pervengono i contributi di aree via via più distanti dalla sezione stessa sino al raggiungimento della condizione di contributo contemporaneo da parte di tutto il bacino;
- la portata di piena stimata ha lo stesso tempo di ritorno Tr di quello dell'intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione Tc (questa è la situazione maggiormente critica poiché si assume che si raggiunge l'altezza critica nel tempo minore, piogge intense, essendo il tempo di corrivazione la durata minima della pioggia che può provocare un'ondata di piena)

2.7.2 Dati idrologici di massima sui principali corsi d'acqua

Nel seguente paragrafo si riportano, a titolo indicativo, alcuni dati idrologici sui principali bacini del territorio Comunale.

Tali dati, di seguito indicati, sono stati presi dal S.I.B.C.A. – Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua della Regione Lombardia.

Le portate dei corsi d'acqua principali sono successivamente state ragguagliate al territorio di Agra, in base alla superficie sottesa dalla sezione di chiusura al confine del territorio Comunale.

Si tratta, chiaramente, di una procedura molto semplificata, che ha lo scopo di fornire delle indicazioni di massima sull'ordine di grandezza della portata.

E' evidente che per interventi specifici dovranno essere effettuate delle analisi specifiche, utilizzando le procedure sopra indicate e/o facendo riferimento alle metodologie per le analisi idrauliche riportate nel PAI.

Torrente valle della Lupera

sezione chiusura q.ta 233 presso la confluenza nel Rio di Colmegna

Area planimetrica: 0,99 kmq

Portata Tr 50: 10,02 mc/sec

Portata Tr 100: 10,98 mc/sec

Coeff. Deflusso: 0,44

sezione chiusura q.ta 466 c/o attraversamento stradale

Area planimetrica: 0,60 kmq

Portata Tr 50: 6,07 mc/sec

Portata Tr 100: 6,65 mc/sec

Coeff. Deflusso: 0,44

Torrente Ronchetto

sezione chiusura q.ta 239

Area planimetrica: 0,79 kmq

Portata Tr 50: 7,39 mc/sec

Portata Tr 100: 8,10 mc/sec

Coeff. Deflusso: 0,42

sezione chiusura q.ta 420 presso attraversamento stradale

Area planimetrica: 0,29 kmq

Portata Tr 50: 2,71 mc/sec

Portata Tr 100: 2,97 mc/sec

Coeff. Deflusso: 0,42

Negli allegati sono riportati gli estratti del S.I.B.C.A., con la planimetria di riferimento ed i dati completi dei torrenti e dei bacini idrografici interessanti il territorio del Comune di Agra individuati dal sistema.

Si rammenta, inoltre, che il presente piano è completamente informatizzato con il sistema GIS e che è integrato dai dati del modello digitale del terreno (DEM) realizzato utilizzando il fotogrammetrico Comunale alla scala 1:2.000 (vedi par. 2.9), per cui tutti questi dati, già pronti, possono essere utilizzati dall'Ente e dai suoi Tecnici per desumere tutti i parametri morfologici e geometrici dei bacini idrografici ed effettuare tutte le valutazioni ad hoc, relativamente alle portate di massima piena dei corsi d'acqua, con diversi tempi di ritorno.

2.8 IDROGEOLOGIA

La circolazione delle acque sotterranee è influenzata sia dalla morfologia del territorio che dalla litologia.

Il Comune sorge su un pianalto delimitato, in ampio, da profonde incisioni fluviali, come la valle del Torrente Giona a nord, dalla valle del Rio Colmegna ad Est e a Sud e dalla conca lacustre del Verbano a Ovest.

Nell'area del territorio di Agra si rinviene il Complesso Cristallino comprendente la Serie dei Laghi (Gneiss minuti, Micascisiti e Paragneiss, Ortogneiss).

La permeabilità primaria di queste rocce è bassa/nulla, come anche quella secondaria; l'immagazzinamento di acqua è quindi da considerarsi insignificante ai fini acquedottistici.

Il Complesso Quaternario è caratterizzato da una notevole eterogeneità litologica; è infatti costituito da depositi sciolti, di versante, glaciali, fluvioglaciali e di contatto glaciale. Sono tutti depositi con permeabilità variabile: media se di origine fluvioglaciale e di versante, bassa se di origine glaciale. Si tratta però sempre di depositi di spessore molto limitato al di sopra del substrato impermeabile e quindi di scarso/nullo interesse idrogeologico.

Non esiste nel territorio comunale una vera e propria falda idrica, in quanto questo è un alto morfologico, con il substrato spesso affiorante e/o subaffiorante, ricoperto da depositi di spessore molto ridotto.

Durante i rilievi ed i sopralluoghi si è osservato che all'interno degli impluvi che costituiscono il "sistema" della Lupera ed il Torrente Ronchetto vi è sempre presenza di acqua.

Una spiegazione può essere dovuta alle caratteristiche idrogeologiche delle rocce e dei terreni, infatti mentre le prime sono pressoché impermeabili i secondi, soprattutto nelle parti più elevate dei bacini idrografici sono costituiti da depositi mediamente e/o poco permeabili e questo comporta una minore velocità di spostamento e di rilascio dell'acqua immagazzinata, che pertanto dà luogo localmente a piccole falde sospese, che trovano una naturale via di deflusso al contatto con il substrato roccioso impermeabile.

Si ritiene tuttavia che il territorio di Agra, in relazione alla modesta estensione dei bacini idrografici sottesi nonché allo spessore contenuto del "materasso" di sedimenti continentali superfciale e soprattutto alla discontinuità di questi, non sia in grado di ospitare una falda idrica vera e propria; le acque di drenaggio dei versanti seguono per lo più le linee di deflusso superficiale di massima pendenza o al massimo lungo le linee di fratturazione ed avvallamento del substrato, scorrendo verso il basso lungo il reticolo idrografico naturalmente affermato.

E' possibile la presenza di un limitato scorrimento lungo fratture e/o zone di frattura del substrato, ma si tratta comunque di fenomeni limitati e discontinui.

La stessa conformazione geologica - geomorfologica del territorio comunale, costituito da un "pianalto" delimitato su tutti i lati da affioramenti rocciosi più o meno continui del substrato roccioso impermeabile, che interrompono bruscamente la pur esigua coltre di sedimenti permeabili, fa si che le acque di infiltrazioni, laddove i versanti divengono più ripidi, con affioramento del substrato roccioso impermeabile, scaturiscano in superficie in corrispondenza dei compluvi principali, "svuotando" completamente il materasso drenante superficiale e rendendo molto bassa la potenzialità idrogeologica del territorio.

Per i motivi citati, nelle cartografie di base non si sono introdotti elementi in merito alla vulnerabilità della falda: si ritiene, come detto, che nell'area in esame non sia presente una vera a propria falda idrica

Gli unici elementi inerenti l'aspetto idrogeologico rinvenuti sono alcune piccole e piccolissime emergenze di acque, in genere al contatto tra depositi e roccia o nella roccia stessa, connesse alle modalità di circolazione sopra riportate e che possono essere fonte di piccoli fenomeni di dissesto, con scivolamento dei terreni di copertura al di sopra del substrato roccioso e la sorgente in Comune di Maccagno, verosimilmente legata a circolazione in fratture nel substrato.

Si rammenta, infatti, che il Comune di Agra è alimentato da due gruppi di sorgenti ubicate nei Comuni di Dumenza e di Cutriglia, come meglio descritto nel paragrafo seguente.

2.8.1 Alimentazione idropotabile del Comune di Agra

Uno degli aspetti di maggiore importanza in fase di pianificazione geologica è quello della valutazione e della protezione delle risorse idriche a scopo potabile presenti nel territorio oggetto di studio.

Il Comune di Agra, come sopra indicato, non ha nel proprio territorio sorgenti potabili e l'alimentazione del proprio acquedotto avviene tramite gruppi di sorgenti ubicate nei Comuni limitrofi.

Nel presente paragrafo si descrive il sistema di alimentazione e distribuzione dell'acquedotto di Agra; i dati sono desunti dallo "Studio delle risorse idriche Comunali" del 2008 del dr. arch. Bignotti e del dr. geol. De Dominicis.

Le sorgenti ed i relativi bacini di raccolta e derivazione che alimentano l'acquedotto di Agra sono ubicati in parte in Comune di Dumenza, in parte in Comune di Curiglia con Monteviasco (vedi allegati).

I prelievi di queste ultime, rappresentate dalle sorgenti: Boschina alta, Boschina bassa A, Boschina bassa B, Boschina bassa E e Pian Cavurico, con bacino di raccolta Boschina B5, sono concessi al Comune di Luino, nell'ambito di un consorzio di cui fa parte anche il Comune di Agra.

Le altre captazioni, ubicate in Comune di Dumenza sono denominiate: Della Costa 1, Della Costa 2, Campiglio, Proserpio, Alpe Giani 1, Alpe Giani 2 ed Alpe Giani 3.

Le derivazioni sopra elencate sono costituite da caselli di captazione i quali, nel corso del tempo, sono stati oggetto di interventi di miglioramento, ampliamento e/o di nuova costruzione (sorgenti denominate Alpe Giani 2 e 3). Gli interventi eseguiti, si sono resi necessari al fine di potenziare la rete acquedottistica comunale, sopperendo al deficit idrico degli ultimi anni, determinato dalla progressiva diminuzione degli apporti meteorici che ha interessato il territorio in oggetto e l'area prealpina nel suo complesso, nonché per porre rimedio alla naturale dispersione, per abbassamento, che le captazioni subiscono nel tempo.

In base ai dati raccolti presso l'Amministrazione comunale riferiti al 2006, risulta un consumo annuo pari a 42.561 mc.

La popolazione di Agra è costituita da 407 residenti che nella stagione estiva di punta (luglio-agosto) può raggiungere le 1.000 unità.

Prendendo in considerazione il fabbisogno giornaliero pro-capite di 250 l/g si ricava un quantitativo annuo per abitante pari a 91.2 mc, valore che riferito al numero di abitanti

equivale ad un totale di 37.138 mc/anno. Al dato sopra elaborato va aggiunta la differenza costituita dai consumi legati al turismo estivo: una presenza di circa 500 unità oltre ai residenti, nei mesi di luglio ed agosto, comporta un aumento dei consumi di circa 7.500 mc/anno.

Si osserva come il deficit maggiore si concentri nella stagione estiva nella quale, in coincidenza con un maggior numero di presenze, si assiste ad una forte diminuzione degli apporti idrici legata a periodi fortemente siccitosi (2003, 2007).

Negli allegati è riportata la corografia generale con l'ubicazione schematica delle sorgenti, dei bacini di raccolta e della rete idrica alimentante l'acquedotto comunale.

Come sopra anticipato si evidenziano due gruppi di sorgenti principali, alimentanti due reti ben precise:

a) la RETE A, le cui acque provengono dal gruppo di sorgenti ubicate in Comune di Dumenza nei pressi della località Pradecolo;

b) la RETE B, le cui sorgenti sono ubicate in Comune di Curiglia con Monteviasco ed, oltre ad alimentare la rete del Comune di Agra, distribuiscono una parte delle acque (a partire dal serbatoio ubicato in Comune di Curiglia) verso il Comune di Luino.

Le acque della RETE A e della RETE B, dopo essere confluite rispettivamente nel Bacino Rompitratta Alpetto e nel Bacino Rompitratta del Rivo, giungono al Bacino di raccolta e distribuzione del Comune di Agra, situato in Località Bedorè dal quale si diparte la rete acquedottistica comunale.

2.9 ANALISI MORFOMETRICA CON SISTEMI GIS

Ai fini del presente lavoro si è provveduto ad effettuare una serie di analisi morfologiche e morfometriche di dettaglio, anche con l'ausilio di strumenti informativi quali i GIS (nello specifico Arc-View).

Si è deciso di operare tale scelta perché, anche alla luce delle limitate problematiche geologiche, geologico-tecniche ed idrogeologiche rilevate nel territorio Comunale, un elemento molto importante per la valutazione delle possibili criticità e per l'attribuzione delle classi di fattibilità è quello dell'acclività del territorio.

In considerazione della limitata estensione del Comune e della disponibilità di un rilievo aerofotogrammetrico in formato digitale si è deciso di realizzare una carta delle pendenza con procedura automatica, come dettagliato al par. 2.8.2

2.9.1 Note sui sistemi informativi geografici (GIS)

Il Sistema Informativo Geografico, chiamato anche GIS (Geographical Information System), è il sistema informativo computerizzato che permette l'acquisizione, la consultazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici geo-referenziati.

Il GIS può essere visto come una forma di DBMS (DataBase Management System, Sistema di gestione di basi di dati) in grado di gestire dati geografici; parti integranti di un GIS sono:

- ATTRIBUTI GEOMETRICI relativi alla rappresentazione cartografica degli oggetti rappresentati, quali la forma (punto, linea poligono), la dimensione e la posizione geografica

- ATTRIBUTI TOPOLOGICI riferiti alle relazioni reciproche tra gli oggetti (connessione, adiacenza, inclusione ecc)
- ATTRIBUTI INFORMATIVI riguardanti i dati (numerici, testuali ecc…) associati ad ogni oggetto

Il GIS prevede la gestione di queste informazioni in un database relazionale e, sulla base del riferimento geografico dei dati a disposizione, consente l'estrapolazione di nuove informazioni.

Parte fondamentale è svolta dalla strutturazione e impostazione del DataBase di tipo geografico (rispetto a un sistema geografico definito), che se ben realizzata permette l'utilizzo degli stessi, la consultazione, l'aggiornamento, l'interrogazione e l'estrapolazione di diversi tipi di carte tematiche che non risultano essere quindi semplicemente rappresentazioni grafiche fine a se stesse, ma il risultato di un lavoro a monte molto più approfondito con i conseguenti vantaggi tecnici che ne derivano.

2.9.2 Carta clivometrica

E' stata eseguita una prima analisi morfometrica su tutto il territorio Comunale utilizzando la base del CTR alla scala 1:10.000, con i DEM della Regione Lombardia resi disponibili dal Servizio Sistema Informativo Territoriale.

Si tratta di dati con una precisione di 20 m, che consentono una prima valutazione di massima sulla struttura morfologica e sui principali range di pendenza presenti nel territorio Comunale.

E' chiaramente un dettaglio non accettabile per poter utilizzare i dati alla scala 1:2.000, come ausilio alla predisposizione e generazione della carta di sintesi e di fattibilità, per cui si è ritenuto indispensabile approfondire l'aspetto.

Vista la disponibilità dell'aerofotogrammetrico comunale alla scala 1:2.000 in formato .dwg si è deciso di utilizzare tali dati per gli approfondimenti.

Il fotogrammetrico non era però quotato e quindi è stato necessario provvedere, come prima fase del lavoro, alla quotatura manuale di tutte le curve di livello presenti nel territorio Comunale.

Tale operazione è stata finalizzata alla successiva creazione, con software GIS, di un Modello Digitale del Terreno (DTM – Digital terrain Model). Nel caso specifico si è optato per la generazione di un TIN, o DEM a maglie triangolari irregolari.

Il software utilizzato genera in automatico tale modello tridimensionale del suolo, creando una rete continua di triangoli ed interpolando in modo continuo l'andamento del suolo mediante l'utilizzo delle varie quote disponibili (singoli vertici delle curve di livello).

La fase finale del lavoro è stata la generazione della carta delle pendenze di tutto il territorio Comunale (SLOPE), con una maglia di risoluzione di 2 m x 2 m (compatibile con la scala del fotogrammetrico disponibile) con range di pendenza ogni 10 gradi.

La carta clivometrica prodotta (vedi tavola 3) consente le analisi e le verifiche di dettaglio sul territorio Comunale.

La carta ha sicuramente una serie di limiti che sono posti sia dall'affidabilità del fotogrammetrico (che spesso nelle verifiche dirette è risultato non rispondente alla reale situzione morfologica in loco, soprattutto in aree boscate) e dal metodo di elaborazione che

interpola a triagoli e poi cerca di elaborare andamenti coerenti e che restituisce le pendenze per pixel e per i range impostati.

La carta rappresenta quindi un elemento molto importante per la generazione delle successive carte di sintesi e di fattibilità, ma nelle successive analisi si è chiaramente tenuto conto di tutti gli elementi rilevati, della situazione litologica e delle osservazioni dirette in loco, per apportare i doverosi accorgimenti ed adeguamenti.

La carta evidenzia comunque in maniera netta la struttura del territorio di Agra, in coerenza anche con l'assetto geologico e geomorfologico rilevato.

2.10 PERICOLOSITA' SISMICA

La Regione Lombardia con D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008 ha emanato i nuovi "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n° 12".

Si tratta di una delibera molto recente, che ha sostituito la precedente d.g.r. n° 8/1566 del 22/12/05 a seguito dell'entrata in vigore del nuovo testo unico delle costruzioni (approvazione del d.m. 14/01/2008), e che ha comportato rispetto alla precedente d.g.r. una serie di importanti modifiche sull'aspetto sismico, con forti ricadute nelle procedure di microzonazione sismica a livello Comunale.

Il precedente riferimento in materia in Regione Lombardia, ai tempi della L.R. 41/97 (ora abrogata dalla L.R. 12/05) era lo studio dal titolo "Determinazione del rischio sismico in

Lombardia - 1996", inserito come uno dei testi di riferimento nelle precedenti direttive regionali per la redazione dello studio geologico a supporto dei piani regolatori generali.

La nuova metodologia deriva da uno studio pilota effettuato dal Politecnico di Milano per conto della stessa Regione Lombardia su alcune aree campione, dalle cui risultanze sono poi state derivate le norme e le indicazioni per tutti i Comuni.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

La Provincia di Varese non ha evidenti di rischio sismico, infatti tutti i comuni ricadono nella classe sismica più bassa, la zona sismica 4.

L'analisi della carta dei terremoti verificatisi in Lombardia tra il 1000 ed il 1984 (da "Guide geologiche regionali") evidenzia l'assenza di particolari movimenti tellurici nel sottosuolo del Varesotto.

La Provincia è stata interessata, nell'ultimo decennio, solo da fenomeni sismici di riflesso, connessi ad eventi con epicentro anche molto distante.

Il Comune di Agra, in linea con quanto sopra detto in relazione alla Provincia di Varese, antecedentemente al 2003, non era classificato come comune "sismico", le successive revisioni operate dalla recente O.P.C.M. 3274, hanno invece classificato il territorio comunale di Agra come Zona Sismica 4.

Le risultanze dello studio sismico del territorio comunale sono riassunte nella Tavola n° 4 "Carta della pericolosità sismica locale".

2.10.1 Procedure Regionali per la zonazione sismica del territorio comunale

Lo studio per zonazione sismica del territorio comunale, così come indicato nell'Allegato 5 della D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008, prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente.

Le procedure da seguire ed i livelli di approfondimento da adottare sono riportati, in funzione della Zona sismica di appartenenza e della fase progettuale, nella seguente tabella:

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello Fase pianificatoria	2° livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
2- 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato> valore di soglia comu\nale. Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5
4	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato> valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici rilevanti

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente.

I primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione in casi specifici (quando il 2° livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per le aree di possibile amplificazione; per aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; per edifici di particolari caratteristiche).

Il livello 3° è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Sinteticamente i livelli previsti sono di seguito illustrati:

1° livello

E' una fase prettamente qualitativa, che si basa sulle considerazioni dirette degli effetti dei terremoti, è prevede l'individuazione di una serie di zone passibili di amplificazione sismica o in cui possono verificarsi problemi particolari (liquefazione, riattivazione frane, ecc.) in caso di sisma.

2° livello

Si applica in base alle risultanze del livello 1 ed in relazione alla classificazione sismica del Comune e prevede un approccio semiquantitativo per valutare quali sono gli effetti di amplificazione attesi e se la normativa vigente è in grado di sopportarli.

3° livello

In questo caso si tratta di procedure molto complesse da attuare in fase di progettazione quando il 2° livello verifica l'inadeguatezza della norma oppure in casi di condizioni geologiche specifiche.

2.10.2 Analisi di pericolosità sismica di 1° livello

In considerazione del fatto che il Comune di Agra è in classe sismica 4 la norma prevede, in fase di pianificazione, l'obbligo del 1° livello con la redazione della carta della pericolosità

sismica locale nonché l'obbligo delle analisi anche del 2° livello solo per gli scenari Z3 e Z4 e soltanto per edifici strategici rilevanti di nuova previsione.

1° Livello

Il 1° livello si basa su un approccio qualitativo e comporta la redazione della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) (Tavola n° 4), direttamente derivata dai dati contenuti nelle carte di inquadramento geologico-geomorfologico del territorio comunale.

La raccolta sistematica di osservazione sui diversi effetti prodotti dai terremoti in funzione di parametri geologici, topografici e geotecnici, ha permesso di definire un numero limitato di situazioni tipo (scenari di pericolosità sismica locale) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte, e che sono state oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Il 1° livello è obbligatorio per tutti i comuni ed è esteso a tutto il territorio comunale.

Nel caso specifico, in considerazione delle conoscenze del territorio e dei dati geotecnici e stratigrafici disponibili, non si è ritenuto necessario eseguire nuove indagini di carattere geotecnico e/o geofisico di approfondimento.

Gli scenari di pericolosità sismica locale proposti dalla normativa vigente, ed i relativi effetti, sono illustrati nella tabella sottostante:

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

Relativamente agli aspetti stratigrafici e litotecnici il territorio comunale è caratterizzato da substrato roccioso spesso affiorante e/o subaffiorante al di sotto di una variabile, anche se in genere debole, copertura di sedimenti di genesi glaciale.

In base alle verifiche ed ai dati disponibili tale copertura è dell'ordine di pochi metri.

Purtroppo però i dati sono pochi, limitati a saggi e scavi a limitata profondità e praticamente assenti nella zona del centro abitato principale.

In ragione di tali evidenze non è possibile attribuire con certezza, in assenza di ulteriori dati di sottosuolo, questi terreni come **terreni di Classe A** (un substrato con Vs > 800 m/sec con ricopertura di strato di alterazione o depositi sottili).

Si è quindi ritenuto di classificare i terreni delle unità litologiche 3 e 4 nella *zona Z4c "zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi"* e alcune porzioni dell'unità litologica 3 nella *zona Z4b "zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale …"*

Sarebbe però opportuno in futuro, per verificare in maniera più puntuale la situazione, effettuare alcuni indagini (sondaggi, indagini geofisiche, ecc.) al fine di definire maggiormente gli spessori di tali depositi.

In aggiunta a quanto sopra sono stati rinvenuti anche i seguenti scenari:

Sigla	Scenario pericolosità sismica locale	Effetti	Ambiti di applicazione
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità	Zone potenzialmente franose
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	Amplificazioni topografiche	Culminazioni di cresta nella parte più elevata del territorio

Considerato che Agra è in classe 4 e che tutti gli scenari di possibile amplificazione sismica riconosciuti, e riportati nella Tavola 4 "Carta della Pericolosità sismica locale", non interferiscono con la previsione di nuovi edifici strategici e rilevanti, l'approfondimento sismico per il territorio comunale si esaurisce pertanto con la redazione della carta della pericolosità sismica locale.

Gli elementi riscontrati verranno riportati con apposita simbologia sulla carta di fattibilità geologica.

2.11 RAPPORTI CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRACOMUNALE: PREVISIONI DEL P.T.C.P.

Nel presente paragrafo vengono affrontati gli aspetti relativi ai rapporti tra le previsioni del PTCP di Varese e quanto emerso dalle carte di inquadramento territoriale, a carattere geologico-idrogeologico, del Comune di Agra.

Le N.t.A. di P.T.C.P. della Provincia di Varese, prevedono al Titolo IV – Rischio, Art. 79, comma d) che : "il P.T.C.P. fornisce indirizzi e prescrizioni che dovranno essere recepite dai comuni nelle fasi di stesura dei propri P.G.T.", mentre al comma e) che "fornisce indirizzi in merito alla prevenzione nelle aree soggette a rischio sismico".

Quanto sopra vale sempre fatti salvi comunque i risultati delle verifiche delle analisi di dettaglio condotte in fase di pianificazione per gli studi geologici Comunali.

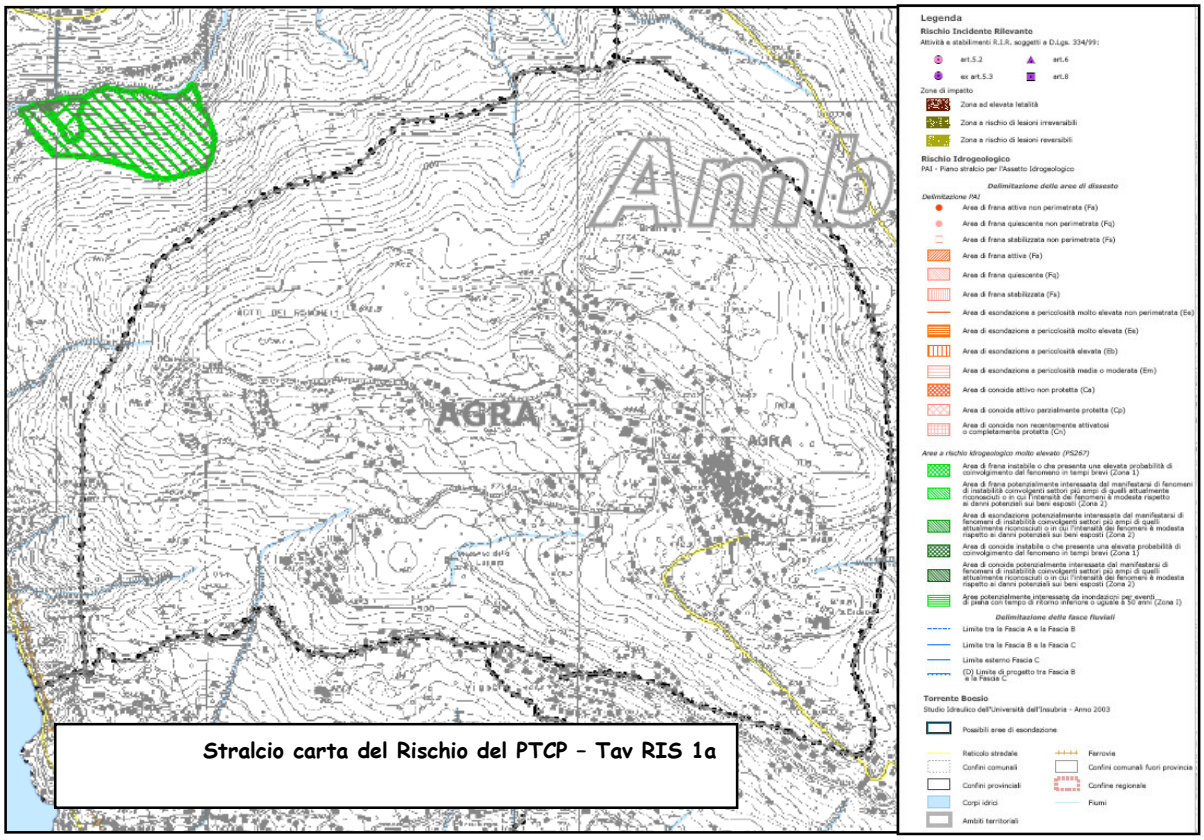
La procedura prevede la verifica del territorio e di tutte le situazioni segnalate nella carte del dissesto, del rischio e della pericolosità idrogeologica allegate al PTCP.

A seguito della verifiche possono presentarsi due distinte situazioni:

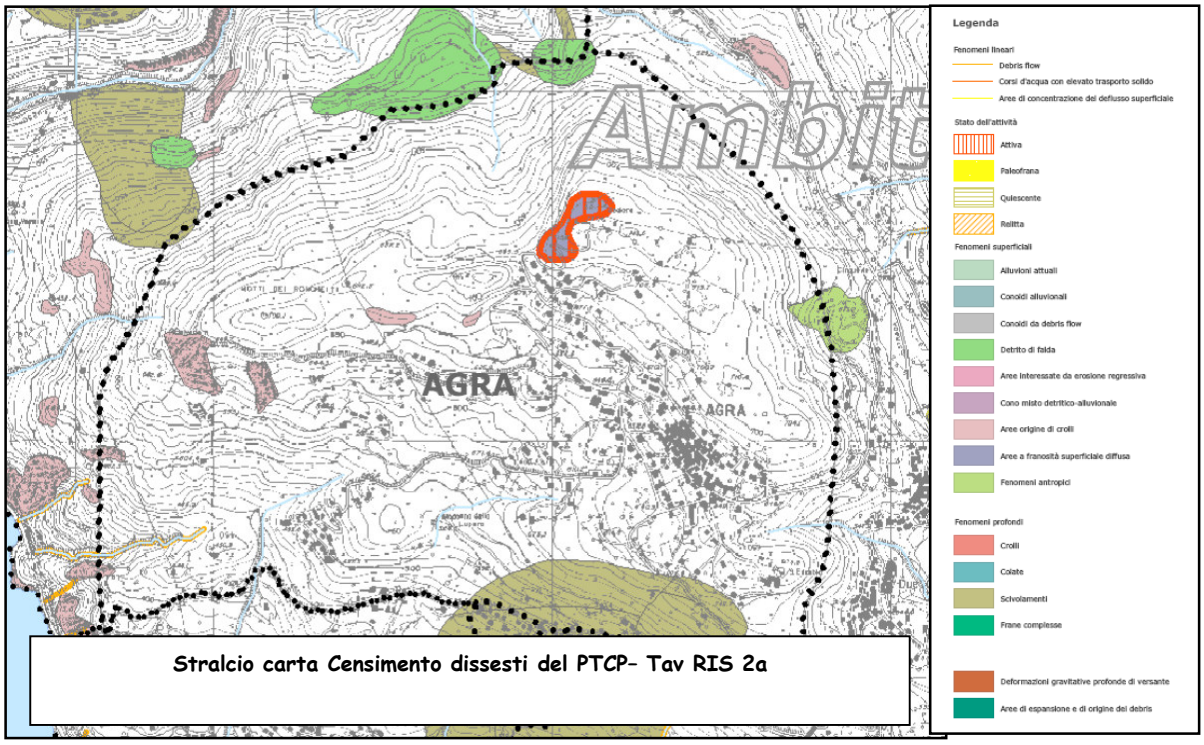
1. le indicazioni delle tavole non trovano riscontro sul terreno (per la diversa scala dei lavori, per le verifiche di maggior dettaglio condotte, ecc.);
2. sul terreno si rinvengono le problematiche individuate dal PTCP.

Nel primo caso i Tecnici dettagliano quanto osservato e verificato sul terreno, indicano l'assenza di problematiche di dissesto nella relazione e procedono con la stesura delle carte senza particolari controindicazioni.

Nel secondo caso diventa necessario procedere agli approfondimenti specifici, in base alle indicazioni del PTCP ed utilizzando le procedure delle direttive Regionali.



Stralcio carta del Rischio del PTCP – Tav RIS 1a



Stralcio carta Censimento dissesti del PTCP– Tav RIS 2a

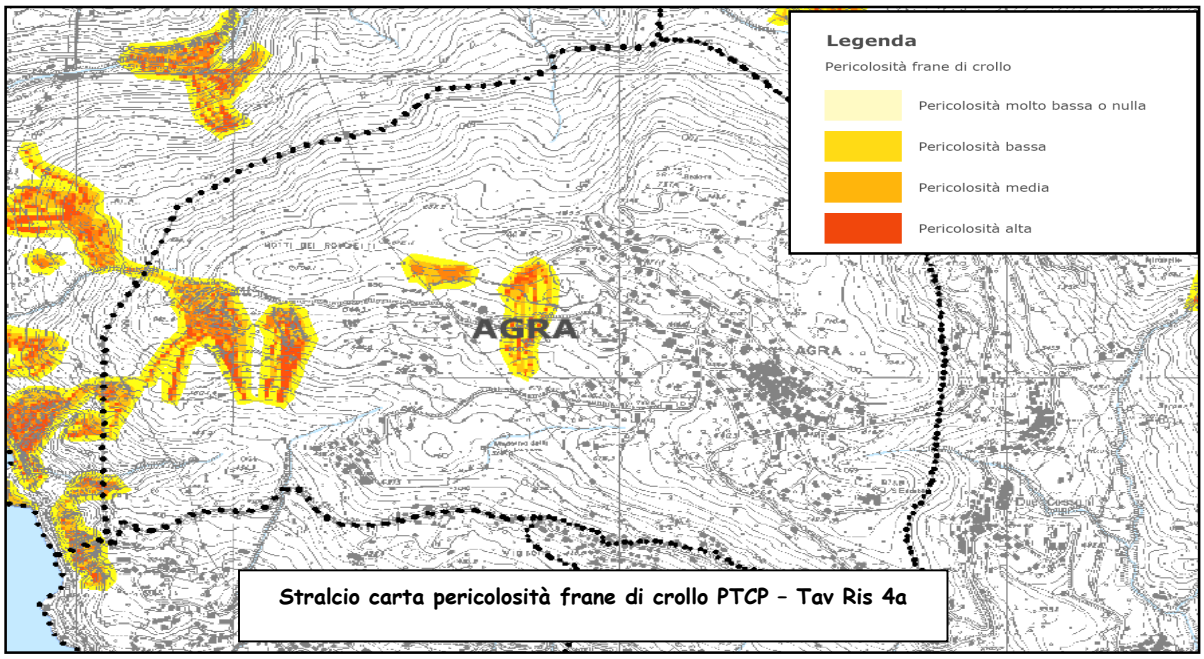
Nelle valutazioni è sempre da tenere presente che gli studi sulla pericolosità frana del P.T.C.P. sono stati svolti a scala più ampia di quella adottata nel predisporre il seguente studio geologico di supporto al P.G.T. e per alcune carte del PTCP si sono adottate delle procedure di elaborazione automatiche, basate sui caratteri a grande scala del territorio da analizzare.

Nelle cartografie IFFI, PAI e nella stesse Carte RIS 1a (carta del rischio) e RIS 2a (carta di censimento dei dissesti) del P.T.C.P., non sono segnalate particolari criticità di dissesto idrogeologico in atto, quiescente o relitto, salvo alcuni fenomeni di modesta entità, sui cui sono stati effettuati gli approfondimenti del caso.

I rilievi e le verifiche di dettaglio effettuate per lo studio geologico Comunale hanno confermato quanto sopra; in particolare è stata confermata la presenza di alcune zone di caduta massi, ma si tratta in tutti i casi di fenomeni di limitata entità e non interagenti con zone urbanizzate e/o di futura urbanizzazione.

A tale proposito la carta Ris 4a segnala una serie di fenomeni di caduta massi di entità rilevante, con traiettorie di caduta notevoli.

Le verifiche dirette effettuate non hanno riscontrato tale situazione ed i fenomeni osservati sono di piccola entità (caduta massi a livello puntuale da pareti) e distanti da aree urbanizzate.



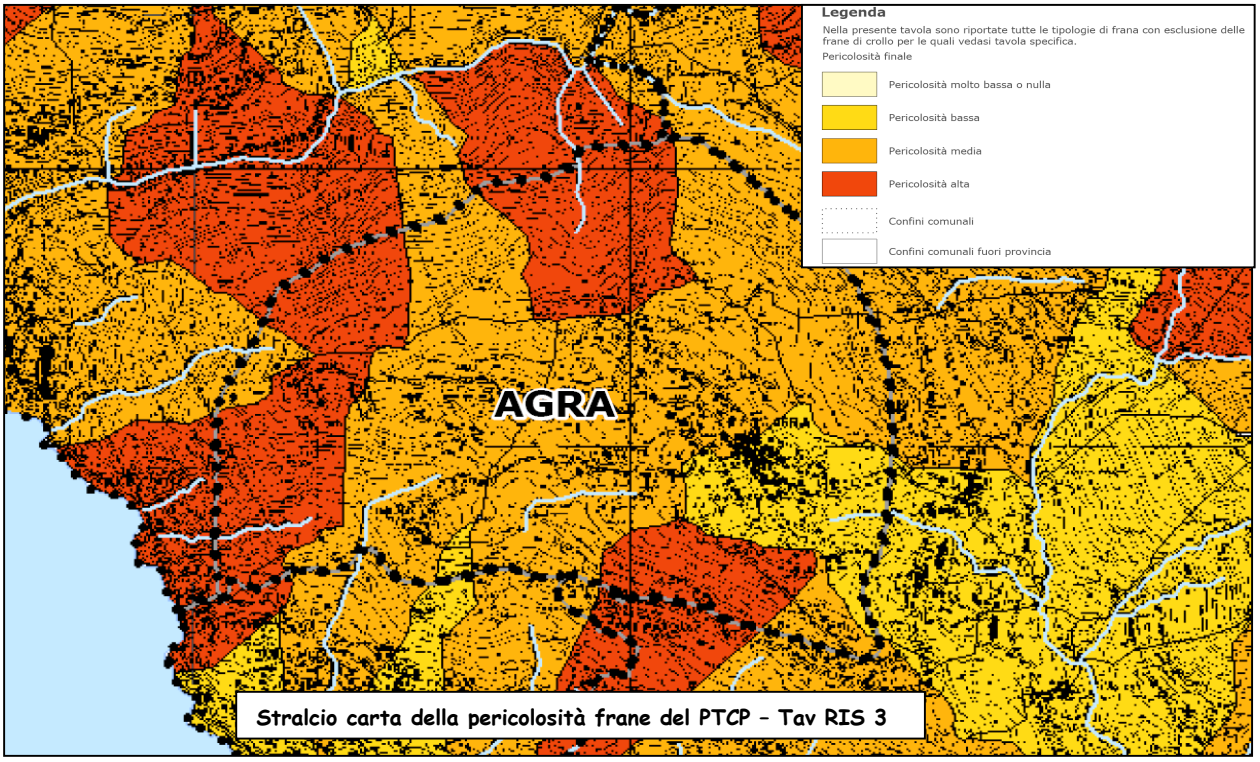
Stralcio carta pericolosità frane di crollo PTCP – Tav Ris 4a

Il fenomeno di franamento attivo in loc. Bedorè indicato sulla carta Ris 2a è stato osservato in area leggermente spostata, mentre nella zona segnata sono presenti alcune problematiche di caduta massi, con riscontro verso il sottostante versante.

Il fenomeno di scivolamento nella parte sud-est del Comune è segnato anche nelle carte IFFI: si tratta di un fenomeno relitto, di cui si è già detto al par. 2.6.1

La tavola RIS3 "Carta della pericolosità frane", del P.T.C.P. classifica circa l'80% del territorio comunale di Agra come a pericolosità alta e media, mentre il restante 20%, come pericolosità bassa.

Si tratta di una carta generata con procedura automatica in base ad una serie di parametri clivometrici, morfologici e climatici a grande scala, senza particolari verifiche e/o riscontri sul terreno.



Stralcio carta della pericolosità frane del PTCP – Tav RIS 3

I rilievi di dettaglio eseguiti sul territorio comunale di Agra a supporto del presente studio hanno consentito di escludere la presenza di fenomeni di dissesto idrogeologico e di pericolosità da frana, oltre a quelli individuati e censiti nella Tavola 2 "Carta geomorfologica".

Si dichiara pertanto che, adottando una scala di maggior dettaglio nei rilievi in sito, rispetto a quella del P.T.C.P., non sono state riconosciute, per il territorio comunale di Agra, oltre a quelle citate, ulteriori criticità di carattere idrogeologico; il centro edificato di Agra e le relative aree di edificabilità non sono pertanto soggette a pericolosità da frana.

Le situazioni di frana realmente censite sono state individuate nelle carte del presente piano ed utilizzate ai fini della stesura della carta di fattibilità geologica.

3.0 FASE DI VALUTAZIONE E SINTESI

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite *la carta dei vincoli*, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico o da restrizioni determinate da specifiche criticità di carattere geologico, riconosciute con le analisi precedenti e la *carta di sintesi*, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica

3.1 CARTA DEI VINCOLI

La carta dei vincoli è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1:2.000 ed in essa sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico e/o sulla base di specifiche criticità di carattere idrogeologico riconosciute.

Per il territorio comunale di Agra sono stati individuati i seguenti vincoli:

Vincoli di polizia idraulica

La legge di polizia idraulica definisce un'area di rispetto fluviale, dalle acque pubbliche, per le edificazioni di 10 metri dalla zona di massima esondazione dei fiumi; questo vincolo è stato riconfermato dal parere n° 55 del 01/06/88 del Consiglio di Stato.

In questa fascia sono interdetti l'edificazione e gli scavi; inoltre la Legge prevede una fascia di 4 metri di interdizione assoluta a qualunque operazione lungo gli alvei.

Questo vincolo, per le aree extraurbane, ha rilevanza notevole e riscontri penali.

In carta è stata evidenziata la fascia di 10 metri dal piede degli argini di pertinenza fluviale in cui è vietata l'edificazione, ai sensi dell'art. 96 comma f della L. 523/1904 che recita:

Sono lavori e atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti:

f) le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche e lo smottamento di terreno e distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra minore di quella stabilità dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di quattro metri per le piantagioni e smottamento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi.

Per l'individuazione del reticolo idrico da sottoporre a vincolistica si è fatto riferimento alle direttive in materia (siano indicati come demaniali nelle carte catastali, siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica, siano rappresentati come tali nelle cartografie ufficiali, siano interessati da derivazioni d'acqua) ed alla documentazione disponibile.

Il Comune di Agra ha infatti fatto predisporre nel 2004 il Piano del Reticolo Idrografico Minore di Agra ("indagine geologica per la determinazione delle fasce di rispetto del reticolo idrico" ai sensi delle d.g.r. 25-01-2002 n° 7/7868 e d.g.r. 01-08-2003 n° 7/13950 - redatto dal Dr. Geol. Arduino Belli e Dr. Geol. Alessandro Monacchi).

Tale piano è stato inviato allo STER per il parere di competenza; nel 2005 lo STER ha inviato una lettera sospendendo la pratica e chiedendo una serie di integrazioni, cui non è mai stato dato corso.

Il Comune quindi allo stato attuale non è dotato di piano del reticolo idrico e quindi nel presente piano il tracciamento è stato fatto inserendo la fascia di 10 metri prevista dal R.D. 523/1904.

Eventuali modifiche alle fasce fluviali sono quindi demandate all'approvazione definitiva del piano del reticolo minore, a seguito dell'avallo dello STER, dato che si tratta di piano di maggior dettaglio per l'aspetto specifico.

In attesa di tale piano vige quanto riportato nel presente studio; per gli aspetti di dettaglio e per l'individuazione del tracciato e della presenza delle valli è sempre opportuna una verifica topografica di dettaglio ed una verifica da parte dell'Ufficio Tecnico.

Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89

Il Comune di Agra rientra tra i Comuni tenuti all'adeguamento del Quadro del Disseto PAI, come individuato nell'allegato 2.

Nello specifico la carta PAI (foglio 053 sez. III – Connobio) non individua nel territorio di Agra alcun fenomeno di dissesto idrogeologico.

Il quadro del dissesto che viene quindi indicato all'interno della carta dei vincoli è quello che deriva dal presente studio e che viene presentato alla Regione Lombardia quale proposta di aggiornamento del quadro vigente (vedi tavola 9 "carta del dissesto con legenda uniformata PAI – scala 1:10.000).

Sono quindi state inserite una serie di aree su cui si ritiene di inserire dei vincoli dovuti a dissesto idrogeologico o potenzialmente interessate da dissesto idrogeologico.

Sono aree esterne all'edificato che non interferiscono con esso o con le aree da edificare e caratterizzate per lo più da fenomeni gravitati legati al crollo/ribaltamento di cunei rocciosi instabili.

Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

In carta è stata inserita l'area di rispetto della sorgente Quaggiò, parzialmente ricadente in Comune di Agra, anche se la captazione è ubicata in Comune di Maccagno. La fascia è riportata con criterio geometrico, come indicata in carta dei vincoli del PRG di Maccagno.

La normativa per la protezione delle acque destinate al consumo umano è il D. Lgs. 258/2000 (art. 5) e la D.G.R. 10/04/2003 n° 7/12693, cui si rimanda per tutti i dettagli.

3.2 CARTA DI SINTESI

Le indicazioni regionali prevedono per la redazione della Carta di Sintesi un'integrazione delle informazioni raccolte dagli studi preliminari ai fini della definizione di "poligoni" con diversi ambiti di pericolosità o di vulnerabilità.

La carta di sintesi è stata redatta su tutto il territorio comunale, alla scala 1:2.000 tale da poter rappresentare i contenuti di seguito descritti.

La carta riassume in se, in modo dettagliato, tutti gli elementi individuati per l'intero territorio e rappresenta la sintesi delle conoscenze acquisite dagli studi precedenti, dai dati bibliografici e dai rilievi personali ed ha lo scopo di fornire un quadro chiaro dello stato del territorio, che è direttamente confrontabile con la suddivisone dello stesso in classi di fattibilità per le azioni di piano.

Questo elaborato cartografico fornisce una visione d'insieme delle problematiche presenti nel territorio comunale e consente di evidenziare in un unico elaborato i rischi presenti.

Sono riportate aree omogenee dal punto di vista della pericolosità e della vulnerabilità per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto geomorfologico e idrogeologico in atto.

Ogni fenomeno è puntualmente definito e delimitato in modo univoco da un poligono, cui verrà poi associata una classe di fattibilità; nel caso in cui in una medesima area siano presenti più fenomeni si ha la sovrapposizione di più poligoni. La sovrapposizione di più ambiti determina poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti, anche se ognuno dei singoli fenomeni è puntualmente definito e delimitato in modo univoco.

La carta riprende i dati della cartografie di analisi; dove tali elementi erano puntuali e/o lineari è stata effettuata una perimetrazione, riverificando i dati, individuando quelle porzioni di territorio o in cui il fenomeno era diffuso oppure quelle aree che potenzialmente possono essere interessate da una evoluzione del fenomeno stesso.

Oltre agli elementi delle carte di inquadramento sono stati inseriti anche alcuni aspetti relativi alla vincolistica geologica, ed è stato inserito, come ulteriore elemento anche quello della pendenza rilevata dalla digitalizzazione del fotogrammetrico Comunale.

L'incrocio con questi nuovi elementi ha consentito di andare a definire puntualmente tutte le problematiche del territorio.

In particolare in carta i diversi elementi sono stati distinti nelle seguenti categorie generali:

1. *aree pericolose per instabilità dei versanti (reale o potenziale)*

In questa classe è inserita la suddivisione del territorio in termini di pericolosità/vulnerabilità potenziale in base all'assetto litologico ed alle pendenze.

2. *aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*

Non sono presenti nel territorio Comunale aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico ne aree con caratteristiche geotecniche scadenti

Aree vulnerabili per presenza di fenomeni di instabilità dei versanti (reali o potenziali)

Aree soggette a crolli di massi (distacco ed accumulo)

Si tratta, per la maggior parte, di aree caratterizzate per lo più da fenomeni gravitati legati al crollo/ribaltamento di cunei rocciosi instabili a livello locale.

I relativi perimetri, come indicato al par. 2.6, sono stati definiti con analisi e verifiche speditive di terreno, in conformità alle direttive regionali, in base alla zona di distacco, alla presenza della falda di detrito, al massimo rotolamento osservato, ecc.

Si tratta comunque di fenomeni di limitatà entità, esterni all'edificato e che non interferiscono con esso o con le aree da edificare; in generale sono fenomeni localizzati principalmente sul versanti nord, est ed ovest del crinale sopra Agra.

Aree di frana attiva e quiescente (scivolamenti, colate)

Nella categoria rientrano anche alcuni limitati fenomeni di dissesto (erosione accelerata, piccole frane nei terreni di copertura, ecc.), individuati durante i rilievi.

Si tratta di fenomeni di limitatissima estensione, localizzati, in genere in vicinanza di impluvi, presso tagli stradali ancora non stabilizzati ecc.

Sono sempre fenomeni che interessano la sottile coltre di copertura sopra il substrato e che comportano condizioni di rischio per aree edificate o di espansione.

Aree in erosione accelerata attiva

Sono state inserite in questa categoria tutte quelle aree caratterizzate da forti fenomeni erosivi da parte delle acque di scorrimento, con connessi fenomeni di dilavamento / franamento.

Tali aree sono delimitate a monte dal ciglio della sponda stabile e nella parte inferiore in genere dal fondovalle, dato che si tratta di fenomeni legati alla dinamica erosiva torrentizia di alcune vallette, con progressivo abbassamento del fondo e conseguente instabilizzazione di porzioni limitate dei versanti.

I fenomeni interessano sia i depositi di copertura che, localmente, il substrato roccioso molto sfatto / fratturato /alterato.

Aree potenzialmente pericolose e/o vulnerabili per incrocio degli aspetti geologici e geomorfologici

Gli elementi contenuti in questa categoria derivano dall'incrocio dell'assetto geologico-geotecnico con le pendenze e con il contesto geomorfologico.

I limiti di pendenze riportati per categorie di seguito indicate devono ritenersi indicativi, infatti è stata applicata una certa variabilità e tolleranza ai range nella digitalizzazione in carta.

Questa tolleranza è servita per considerare i riscontri diretti sul terreno, le difformità osservate tra il fotogrammetrico e la morfologia reale del terreno (soprattutto in aree boscate), le possibili variazioni di caratteristiche sia del substrato che dei depositi, ed anche per creare dei poligoni coerenti, omogenei e di dimensioni corrette per la scala del piano.

Nella distinzione si è ritenuto di inserire anche la classe con le pendenze inferiori.

In particolare all'interno di questa categoria sono state distinte tutte le seguenti sottoclassi:

Aree ad acclività elevata - molto elevata e di criticità geomorfologica

Sono state perimetrate tutte quelle aree che presentano pendenze dei versanti indicativamente superiori ai 45° (in roccia sana) e 35° (in terreni e roccia alterata e/o fratturata) e che possono presentare gravi problematiche in caso di trasformazione e modifica d'uso del territorio.

Nella classe possono essere incluse anche aree con pendenze minori sia in base alle caratteristiche geologiche verificate in sito sia in base al contesto morfologico, quali aree contermini ad aree acclivi e molto acclivi, di limitata estensione e tali da appartenere al contesto di criticità geomorfologica.

Si tratta di aree con una scarsa / nulla vocazione all'utilizzo a scopi edificatori.

Data l'orografia tali aree sono concentrate nella porzione montuosa verso i confini nord, est ed ovest del territorio Comunale, oltre ad alcune zone lungo gli alvei.

Aree ad acclività medio – elevata e di attenzione geomorfologica

In questa classe sono state inserite le aree con pendenze tra 35° e 45° per il substrato roccioso sano e tra i 20° ed i 35° in terreno e nel substrato alterato e/o fratturato.

Si tratta di aree in cui non sono stati osservati fenomeni di dissesto ma in cui l'abbinamento pendenze medie / terreni e pendenze medio-elevate / roccia, nonché l'eterogeneità dei depositi o l'affioramento della roccia rendono alto il livello di attenzione in caso di interventi.

In questa classe sono state incluse anche aree ad acclività minore ma che per la particolare posizione topografica (creste appuntite, vicinanza a balze ed a gradini

morfologici, ecc.) hanno caratteristiche tali da necessitare di un'attenzione analoga a quella che occorre per aree più acclivi.

I range di pendenza sopra riportati sono indicativi e sono chiaramente stati adattati sulla base delle caratteristiche dei terreni, le condizioni geomeccaniche della roccia, la presenza di acqua, ecc. e comunque in base alle situazioni osservate in loco.

Aree ad acclività medio-bassa

Si tratta delle aree meno acclivi del territorio, generalmente con pendenze inferiori a 20° o, al massimo, con pendenze tra 20° e 35° in caso di affioramento diretto del substrato compatto. Tale classe è quella con le problematiche minori, ma operando comunque in un territorio collinare-montuoso è sempre necessario adottare le doverose cautele, e quindi nel passaggio alla fattibilità a tale classe, se priva di ulteriori problematiche, verrà attribuita una classe 2.

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Fasce di rispetto e salvaguardia dei corsi d'acqua

Sono quelle aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione del corso d'acqua stesso per gli interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa idraulica. Per tutti i corsi d'acqua censiti è stata evidenziata la fascia di 10 metri dal piede degli argini, in cui sono vietati edificazione e scavi, ai sensi dell'art. 96 comma f della L. 523/1904. La Legge prevede inoltre una fascia di 4 metri di interdizione assoluta a qualunque operazione lungo gli alvei.

Per maggiori dettagli sulle modalità di perimetrazione ed individuazione si può far riferimento al commento della Carta dei vincoli.

4.0 FASE DI PROPOSTA - VALUTAZIONI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

Tale fase è definita attraverso la redazione della "***Carta di fattibilità geologica del territorio***" e delle "***norme tecniche geologiche di attuazione***" con le prescrizioni da adottare per ciascun ambito individuato.

La formulazione del giudizio di fattibilità geologica per le azioni di piano, è stata desunta dalla valutazione incrociata degli elementi di carattere geologico-geomorfologico, idrogeologico, idraulico e geotecnico, descritti nei capitoli precedenti, nonché dei fattori di utilizzo antropico del territorio, attuali e di previsione, prospettati dai progettisti dello strumento urbanistico.

In questa fase *propositiva* è stata infatti operata l'elaborazione delle risultanze delle indagini condotte nelle fasi precedenti, finalizzata alla valutazione dell'idoneità di massima del territorio all'intervento edificatorio.

Sulla base delle valutazioni sopra esposte e delle indicazioni metodologiche contenute nella DGR n. 8/7374 del 28/05/2008, è stata allestita la "*Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano*" (tavola 7) alla stessa scala del P.G.T. (scala 1:2.000), su tutto il territorio Comunale.

Tale carta risulta a tutti gli effetti parte integrante dello strumento urbanistico.

Una copia della carta di fattibilità geologica è stata predisposta su base CTR alla scala 1:10.000, come previsto dalla Direttive, per l'inserimento nel database Regionale.

Il lavoro è stato eseguito in conformità alle indicazioni della Regione Lombardia, che distingue quattro classi di fattibilità: da senza limitazioni a carattere geologico a limitazioni via via crescenti.

In realtà, nel caso specifico, data la natura collinare montuosa del territorio, per cui ogni intervento necessità di attenzione e cura, le classi di fattibilità attribuite sono solo tre: dalla seconda alla quarta, con l'esclusione della classi di fattibilità 1.

E' evidente, però, che non tutte le aree comprese in seconda, in terza oppure in quarta classe sono affette dagli stessi problemi per cui necessitano di studi ed indagini diverse, mirate non solo in base al progetto ma anche in base alla zona.

Per questo devono essere utilizzate anche tutte le altre carte redatte, in ognuna delle quali sono visualizzate le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche, geologico-tecniche del Comune, i cui caratteri salienti sono riassunti nella tavola di sintesi, anche se, per semplificare tale aspetto, anche le classi di fattibilità sotto state ulteriormente suddivise in sottoclassi, in base al tipo di problematica presente.

Modalità di redazione della carta

La carta della fattibilità geologica per le azioni di piano è stata concepita e realizzata tenendo conto di due aspetti nel lavoro:

1. criterio generale di gestione del territorio in base alle diverse problematiche evidenziate dalla analisi;
2. trasformazione dalla carta di sintesi alla fattibilità, in base alle indicazioni della normativa.

1. Criterio generale

Il territorio del Comune di Agra, risulta complessivamente favorevole all'insediamento urbanistico, almeno nelle porzioni caratterizzate da debole acclività, pur presentando ampie fasce, con acclività accentuate e certamente penalizzanti per gli interventi edificatori o comunque di trasformazione territoriale; tali aree sono per lo più esterne all'edificato e/o edificabile e rivestono un importante valenza naturalistica da preservare e tutelare.

I principali elementi di attenzione sono connessi alla tutela del reticolo idrografico, ad alcune zone di caduta massi ed all'assetto geomorfologico, con l'interazione pendenza / struttura geologica.

Di questo quadro si è cercato di tenere conto nella carta di fattibilità.

2. Trasformazione dalla carta di sintesi

Negli aspetti puntuali la carta di fattibilità è stata desunta dalla carta di sintesi, attribuendo ai diversi poligoni definiti un valore di fattibilità, in base a quanto riportato di seguito.

Per quanto riguarda le classi di ingresso si è fatto riferimento il più possibile alle tabelle riportate nella DGR n. 8/7374 del 28/05/2008, creando voci ad hoc in funzione delle problematiche peculiari del territorio in esame.

In tal caso la classe di fattibilità di ingresso è stata realizzata sia in raffronto ad eventuali voci simili già presenti sia in base a valutazioni autonome sul grado di pericolosità dei fenomeni.

La tabella utilizzata per il passaggio in prima battuta dalla sintesi alla fattibilità è la seguente:

Tipologia di fenomeno	**Classe di ingresso**
Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito ed alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	**4**
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	**4**
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	**4**
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	**4**
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	**4**
Criticità in relazione alle pendenze ed all'assetto geologico	
Aree ad acclività da elevata a molto elevata e di criticità geomorfologica	**4**
Aree ad acclività medio-elevata e di attenzione geomorfologica	**3**
Aree a pendenza medio-bassa	**2**
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	
Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa, aree di pertinenza fluviale	**4**

La presenza dei fattori di rischio riportati in tabella, riconosciuti sul territorio del Comune di Agra (Va), ha portato alla suddivisione dello stesso in "classi sintetiche" , determinate dal valore della classe più restrittiva tra quelle compresenti nella stessa area. Dove necessario all'interno della classe è stata inoltre indicata la sottoclasse, cioè il fattore ricorrente sul territorio, che determina la classe di rischio.

Per ogni sottoclasse viene inoltre fornita l'indicazione in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto e potenziali.

Le indicazioni sono contenute nelle Norme Geologiche di Piano e devono essere recepite nelle norme del PGT.

In sintesi, la normativa tecnica e vincolistica da applicarsi ad ogni porzione di Carta della Fattibilità geologica classificata con la sigla complessa di Classe e Sottoclasse deriva dalla somma delle prescrizioni geologiche proprie della Sottoclasse "determinante" e della o delle Sottoclassi "concorrenti".

Il valore di fattibilità ad un poligono è stato dato utilizzando quello più cautelativo (in caso di elementi classe 2 e 3 è stata chiaramente utilizzata la classe 3) e la sottoclasse è tesa a mettere in luce il problema principale, quello più gravoso e che necessità di maggiore attenzione.

Resta comunque fondamentale, da parte dei tecnici incaricati, la verifica della carta di sintesi e delle altre carte di analisi, per valutare la presenza o meno di altre problematiche, di entità e pericolosità minore, ma che comunque è opportuno considerare.

4.1 CLASSIFICAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Le sigle di Classe (2, 3, 4), e di sottoclasse (a, b) costituiscono il riferimento univoco alla classificazione di fattibilità e alle prescrizioni ad essa connesse.

Nel territorio Comunale di Agra non sono state riconosciute aree da inserire in classe di fattibilità 1, perché si tratta di un comune in zona collinare – montuosa, ubicazione che comporta comunque un, seppur minimo, fattore di pericolosità.

Di seguito si illustrano sinteticamente i vincoli delle diverse classi di fattibilità, le motivazioni di inserimento e le porzioni di territorio Comunale rispettivamente annesse; per i dettagli sulla normativa da applicare e sulla tipologia di approfondimenti da effettuare si rimanda alle Norme geologiche di Piano.

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche delle Costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Classe 2 (colore giallo in carta): Fattibilità con modeste limitazioni.

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate modeste condizioni limitative all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine ed accorgimenti tecnico-costruttivi, e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Si tratta di zone in cui la situazione geologica presenta un quadro leggermente problematico, ma che con l'applicazione di opportuni accorgimenti e/o con l'introduzione di contenute limitazioni possono essere utilizzate.

Tale utilizzo presuppone l'effettuazione di accertamenti geologici, per quanto limitati e finalizzati al singolo progetto edilizio.

Nel territorio di Agra in classe 2 (non sono state individuate sottoclassi) sono state ricomprese indicativamente le seguenti aree:

- aree con pendenze molto blande (< 20°) indipendentemente dal tipo di substrato
- le aree con pendenze comprese tra 20° e 35° con presenza di substrato roccioso compatto affiorante o subaffiorante

In tutte queste aree non sono stati rinvenuti particolari elementi di pericolosità / vulnerabilità, ma considerata la natura montana del territorio Comunale e la doverosa attenzione che è necessaria nella realizzazione degli interventi urbanistici in questo contesto si è ritenuto, comunque, di inserire tali zone in classe 2.

Ricade in questa classe la maggior parte dell'edificato del nucleo principale di Agra, una serie di terrazzamenti, sia edificati che no, sul versante sud, la zona subpianeggiante della località Bedorè ed alcune aree debolmente acclivi sul versante nord del Motto dei Ronchetti.

Classe 3 (arancione in carta): Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe III comprende aree in cui sono state messe in luce con gli studi consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazioni d'uso dei terreni per le condizioni di pericolosità / vulnerabilità individuate nell'area o nel suo immediato intorno.

L'utilizzo di tali aree sarà subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonchè studi tematici specifici (idrogeologici, idraulici, ambientale, ecc.).

Tutto ciò per focalizzare le corrette destinazioni d'uso, i limiti degli interventi, le eventuali opere per la sistemazione e la messa in sicurezza dei siti.

In queste aree sarebbe opportuna un'edificazione a basso impatto geoambientale.

Per la tipologia e la consistenza dei fenomeni che li caratterizzano questi terreni possono essere ricondotti ad un utilizzo insediativo previa preventiva dettagliata valutazione e *progettazione a carattere geologico da affrontare a livello di area e non solo di singolo progetto edilizio.*

Nel territorio di Agra in classe 3 (non sono state individuate sottoclassi) sono state ricomprese indicativamente le seguenti aree:

Aree potenzialmente pericolose e/o di attenzione per la valutazione incrociata delle condizioni geologiche e geomorfologiche ed in particolare:

- presenza di depositi superficiali e/o substrato roccioso alterato / fratturato su pendenze tra 20° e 35°
- presenza di substrato roccioso compatto affiorante e/o subaffiorante con pendenze variabili tra 35° e 45°
- aree con pendenze minori ma che per posizione topografica (creste, vicinanza a gradini morfologici) necessitano di maggiore attenzione rispetto alla classe di fattibilità 2

In questa classe rientrano svariate aree del territorio: la parte più acclive del nucleo principale di Agra, la zona rialzata del cimitero e della chiesa, buona parte del versante a valle della SP 6, la località Pignone, il villaggio dei Tedeschi, parte del versante sud-ovest del Motto dei Ronchetti.

Classe 4 (rosso in carta): Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità / vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopo edificatorio e/o alla modifica della destinazione d'uso.

In queste aree è esclusa ogni nuova edificazione, ad eccezione delle opere per il consolidamento, la messa in sicurezza e la sistemazione idrogeologica.

Per gli edifici esistenti sono ammesse esclusivamente le opere relative agli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art 27 comma 1 lettere a) b) c) della L.R. 12/05, senza aumento di volume e senza aumento del carico insediativo.

Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili. Le stesse dovranno essere comunque puntualmente ed attentamente valutate in funzione della tipologia del 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 deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Anche per facilitare tali valutazioni la classe di fattibilità è stata comunque suddivisa in sottoclassi (anche se tutte presentano rilevanti vincoli di inedificabilità).

Nella classe 4 sono state incluse tutte le aree del territorio Comunale che presentano pendenze da elevate a molto elevate e che sono quindi naturalmente pericolose e/o vulnerabili e poco/nulla adatte a scopi edificatori e/o a modifiche di destinazione d'uso (generalmente poste nelle aree marginali del territorio, soprattutto a nord, est ed ovest a bordare le culminazioni principali).

Inoltre nello specifico per il Comune di Agra sono state distinte anche le seguenti sottoclassi, connesse a problemi specifici ed assoggettate a limiti e vincoli ben definiti:

Sottoclasse 4A – aree con problemi di instabilità dei versanti

In questa sottoclasse sono state incluse quelle zone con problematiche genericamente riferibili all'instabilità dei versanti, tra cui:

- Aree di distacco, crollo e rotolamento di massi
- Aree di frana per scivolamento in terreni
- Aree soggette a fenomeni di erosione

Per le aree di dissesto di questa sottoclasse individuate anche nella carta del quadro del dissesto del territorio Comunale con legenda uniformata PAI si richiamano le norme dell'art. 9 delle NdA del PAI stesso e si ricorda che tali norme prevalgono, ove più restrittive, su quelle della classe di fattibilità 4.

Si tratta di una serie di piccole aree sparse nel territorio Comunale, ai piedi delle principali pareti rocciose o nelle vicinanze dei torrenti.

Sottoclasse 4B – zone di rispetto dei corsi d'acqua

La sottoclasse individua la fascia di 10 m. di inedificabilità assoluta lungo i corsi d'acqua, ai sensi del R.D. 523/1904 art. 96, vincolo riconfermato dal parere n° 55 del 01/06/88 del Consiglio di Stato.

La legge di polizia idraulica definisce un'area di rispetto fluviale, dalle acque pubbliche, per le edificazioni di 10 metri dalla zona di massima esondazione dei fiumi.

In questa fascia sono interdetti l'edificazione e gli scavi; inoltre la Legge prevede una fascia di 4 metri di interdizione assoluta a qualunque operazione lungo gli alvei.

Pericolosità sismica locale

Nella carta della fattibilità sono anche riportate con apposita simbologia le aree di pericolosità sismica locale, che nel casi di Agra sono: alcune aree di instabilità per frane (Z1a), alcune aree di possibile amplificazione topografica di cresta (Z3b) e delle porzioni di territorio Comunale con possibile amplificazione litologica (Z4b – Z4c).

Le zone Z1a sono già classificate in fattibilità geologica 4 per le problematiche di dissesto.

Attualmente non è in previsione la realizzazione di edifici strategici e rilevanti (come da elenco di cui al d.d.u.o. 19904/03), per cui le verifiche nel presente piano si sono fermate al 1° livello, dato che Agra è in classe sismica 4.

Allo stato attuale nell'intero territorio comunale si applicano le normative vigenti per la classe sismica 4, senza alcun aggravio particolare.

Per i dettagli normativi e vincolistici e per la gestione puntuale delle diverse classi di fattibilità si rimanda alle NTA di carattere geologico.

4.2 INDICAZIONI, A CARATTERE GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO PER LA GESTIONE E LA VALORIZZAZIONE DEL TERRITORIO

In linea generale si può affermare che il territorio di Agra risulta complessivamente favorevole all'insediamento urbanistico, almeno nelle porzioni caratterizzate da debole acclività.

Il territorio presenta anche ampie fasce, con acclività accentuate e certamente penalizzanti per gli interventi edificatori o comunque di trasformazione territoriale. Tali aree sono per lo più esterne all'edificato e/o edificabile e rivestono un importante valenza naturalistica da preservare e tutelare.

Gestione e tutela delle acque

In relazione alla particolare conformazione geologica del territorio, caratterizzata dalla diffusa presenza del substrato roccioso impermeabile, al di sotto di un debole coperture di sedimenti continentali permeabili, grande attenzione dovrà essere posta allo smaltimento della acque meteoriche provenienti da coperture, strade e piazzali di nuova realizzazione.

Per quanto possibile dovranno essere realizzate vasche d'accumulo e di laminazione, sfruttandole anche con funzione antincendio, irrigazione giardini ecc..

Queste strutture dovranno essere in grado di stoccare significativi volumi di acque meteoriche, e laminare lo scarico nel reticolo idrico durante gli eventi meteorici intensi.

E' infatti da tenere presente che le acque scaricate da Agra si riversano nel reticolo idrico e potrebbero creare problemi sia alle valli che agli abitati ed ai territori sottostanti, per cui una corretta gestione e laminazione delle stesse è di grande importanza.

In aggiunta l'utilizzo di tali vasche anche con funzione di irrigazione dei giardini e/o comunque per usi diversi dal potabile, consentirebbe una riduzione dei consumi idropotabili, molto utile sia per la posizione del Comune che per le sempre ridotte precipitazione che hanno caratterizzato gli anni passati.

E' anche da evitare, per quanto possibile, la dispersione delle acque negli orizzonti superficiali del suolo: tali dispersioni, data la struttura geologica descritta, potrebbero determinare, laddove concentrate e lungo i versanti maggiormente acclivi, la completa saturazione degli orizzonti superficiali con conseguenti incrementi degli sforzi di taglio e potenziali riduzioni delle condizioni di naturale equilibrio idrogeologico.

Valorizzazione peculiarità geologiche - geomorfologiche

Nel territorio di Agra è ben rappresentata la presenza di morfologie glaciali, con presenza di numerosi massi erratici, ampie superfici di spianamento glaciale, rocce montonate e di strie glaciali, che indicano quale fosse l'immane forza morfogenetica dell'apparato glaciale che ha modellato la zona e mostrano ancora le direzioni prevalenti di movimento.

Queste morfologie glaciali caratteristiche sono un patrimonio ambientale che andrebbe tutelato e valorizzato, abbinandolo, per esempio, alla possibilità, data la posizione di Agra, di avere degli scorci meravigliosi sul Lago Maggiore.

Tale valorizzazione potrebbe avvenire, per esempio, con l'organizzazione di un sentiero ambientale-geomorfologico che percorrendo i tracciati già esistenti consenta, attraverso pannelli informativi, di cogliere una serie di aspetti ambientali e vegetazionali e di osservare la spettacolarità delle testimonianze di una glaciazione nemmeno troppo lontana da noi.

4.3 MODALITA' DI UTILIZZO DEL PRESENTE PIANO

Tutta l'area comunale è stata studiata sotto l'aspetto geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, geologico tecnico, vincolistico, ecc. ed a tali aspetti sono state dedicate le tavole dalla n° 1 alla n° 6.

Le tavole di maggior dettaglio sono state realizzate anch'esse in modo da coprire tutte le aree del Comune, ad una scala di stampa 1:2.000.

Le valutazioni eseguite, la cui sintesi è costituita dalla Carta di Fattibilità per le azioni di Piano, coprono tutto il territorio Comunale.

In questo modo qualunque iniziativa che preveda trasformazioni di uso del suolo per scopi insediativi e/o produttivi, ecc., è subordinata al rispetto delle indicazioni contenute nella Carta di Fattibilità Geologica di Piano ed alle relative norme.

<u>In seguito a quanto sopra per tutti i nuovi progetti che saranno presentati al Comune che prevedano modifiche e/o trasformazioni del territorio, la Commissione edilizia Comunale dovrà valutare la conformità dell'intervento progettato con la situazione geologica dei luoghi (tramite confronto con la carta della fattibilità e della relativa normativa) e richiedere i necessari approfondimenti geologici o, al limite, vietare l'intervento ove ci si trovasse in classe 4.</u>

Le zone del territorio comunale comprese in classi 2 - 3 - 4 di fattibilità sono oggetto di differenti problemi a carattere geologico, idrogeologico, geotecnico, geomeccanico, geomorfologico, idraulico e dovranno essere oggetto di indagini specificatamente approfondite, integrate da una nota geologico-tecnica che evidenzi in modo puntuale i

problemi ed i rischi, le eventuali opere di bonifica e le limitazioni e cautele in sede esecutiva.

I diversi problemi a carattere geologico sono riassunti in modo completo nella carta di sintesi, i cui elaborati devono essere consultati per avere un quadro più preciso dei problemi delle diverse zone: protezione acque sorgive, fasce di pertinenza fluviale, dissesti in rocce e/o terreni, caduta massi, pendenze dei versanti, ecc. ed è in funzione di questo che deve essere redatta la nota.

Relativamente a tale aspetto le classi di fattibilità 2-3-4 sono state distinte in ulteriori sottoclassi, proprio in base alle problematiche emerse.

Per la gestione puntuale di tale vincolistica sono state appositamente predisposte ad allegate alla presente le norme geologiche di Piano, che individuano le prescrizioni e le limitazioni per le varie classi di fattibilità e forniscono indicazioni in merito agli approfondimenti da eseguire.

4.4 ELENCO TAVOLE GRAFICHE

Fase di analisi

- Tav. 1: Carta litologica scala 1:2.000
- Tav. 2: Carta geomorfologica con elementi idrologici ed idrogeologici scala 1:2.000
- Tav. 3: Carta clivometrica scala 1:2.000
- Tav. 4: Carta della pericolosità sismica locale scala 1:2.000

Fase di valutazione sintesi

- Tav. 5: Carta dei vincoli scala 1:2.000
- Tav. 6: Carta di sintesi scala 1:2.000

Fase di proposta

- Tav. 7: Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano scala 1:2.000
- Tav. 8: Carta di fattibilità geologica per la azioni di piano su CTR scala 1:10.000
- Tav. 9: Carta del dissesto con legenda uniformata PAI scala 1:10.000

4.5 ALLEGATI

Allegato n° 1: Inquadramento territoriale: corografia su IGM e corografia su CTR

Allegato n° 2: Dati meteorologici: estratto delle carte della precipitazione minima, media a massima annua della Regione Lombardia – estratto dell'allegato 3 del PAI con distribuzione delle precipitazioni brevi ed intense: reticolato delle celle pluviometriche e relativi valori.

Allegato n° 3: Dati geologici: stralcio della carta geologica scala 1:100.000 foglio 16 Cannobio del SGI – modello strutturale, con sezione geologica trasversale, delle Prealpi Varesine.

Allegato n° 4: Dati geotecnici: censimento dei dati disponibili di sottosuolo relativi ad indagini dirette ed indirette, scavi, osservazioni dirette, ecc.

Allegato n° 5: Dati morfometrici: Modello digitale del suolo, carta dell'elevazione, carta dell'esposizione dei versanti, vista 3D con ortofoto su DEM (elaborazioni automatiche con sistemi GIS sulla base dell'aerofotogrammetrico quotato).

Allegato n° 6: Dati idrogeologici: carta di ubicazione dei gruppi di sorgenti che alimentano Agra e schema della rete di adduzione

Allegato n° 7: Dati idrologici: stralcio planimetrico e relative schede idrologiche del sistema SIBCA

Allegato n° 8: Documentazione fotografica

4.6 BIBLIOGRAFIA

Per il presente lavoro è stata consultata ed utilizzata una gran quantità da materiale reperita, oltre che presso lo studio degli Scriventi, presso:

Ufficio Tecnico del Comune di Agra

Studio geologico del territorio Comunale – 2004/2007 – dr. Belli e dr. Monacchi

Studio geologico per il reticolo idrico minore – 2004 – dr. Belli e dr. Monacchi

Studio delle risorse idriche Comunali – 2008 – arch. Bignotti e dr. de Dominicis

Cartografia aerofotogrammetrica e catastale

Relazioni geologiche di supporto ad interventi edilizi

Provincia di Varese

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale e studi tecnici di supporto

Carta litologica e geomorfologica del territorio Provinciale

Regione Lombardia

Documentazione disponibile sul SIT Regionale, tra cui: cartografie di base, progetto geoIFFI – censimento fenomeni franosi, SIBCA – sistema informativo bacini idrografici, cartografie tematiche a carattere geologico ed idrogeologico (geoambientali, uso del suolo, ecc.), aggiornamento del quadro del dissesto PAI

Autorità di Bacino del fiume Po

Cartografia, relazioni ed allegati al Piano per l'Assetto Idrogeologico

Dipartimento di Geologia dell'Università degli Studi di Milano

Varie pubblicazioni scientifiche

Elenco delle pubblicazioni di riferimento:

Articoli scientifici a carattere geologico di interesse generale

- **AA.VV.** "*Guide geologiche regionali - Alpi e prealpi Lombarde"* - a cura della Soc. Geol. It. - Dip. Sc. Terra Univ. Milano n° 1 volumi 1-2.
- **AA.VV.** "*Carta geologica della Lombardia – scala 1:250.000"* - a cura del Servizio Geologico nazionale
- **Barberi F.** "*Structural model of Italy"* - a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche
- **Bini A.** *"Stratigraphy, chronology and paleogeography of Quaternary deposits of the area between the Ticino and Olona rivers"* Geol. Insubrica
- **Schonborn G.** *"Alpine tectonics and kinematics models of the Central Southern Alps"* Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, vol XLIV
- **Servizio Geologico d'Italia** Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio n° 16 "Cannobio"

Ricerca storica e indagini sul dissesto idrogeologico

- **Martinis, Belloni, Cavallin, Donvito** (1972) *"Gruppo terra: dissesti idrogeologici, frane e valanghe"* Annuario ecologico lombardo – rapporto di avanzamento n° 2
- **Ministero LL.PP.** (1964) *"I movimenti franosi in Italia"*
- **Servizio Geologico Nazionale a cura di V. Catenacci** (1992) *"Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990"* Memorie descrittive della carta geologica d'Italia – volume XLVII

Pubblicazioni sul clima

- **AA.VV.** (1981) *"Condizioni termopluviometriche della Lombardia"* Atti Ist. Sc. Terra Pavia
- **Cati L.** (1980) *"Carta delle isoiete della precipitazione media annua del cinquantennio 1921-1970"* Pubbl. Min. LL.PP. - Uff. Idrografico del Po.
- **Ministero LL.PP - Servizio Idrografico** (1973*) "La nevosità in Italia nel quarantennio 1921-1960"* Pubbl. Serv. Idrog. n° 26.
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** (1973) *"Carta della precipitazione nevosa media annua in Italia dal 1921 al 1960 alla scala 1:1.000.000"* Allegato alla Pubbl. Serv. Idrog. n° 26.
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** (1959) *"Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950"* Pubbl. Serv. Idrog. n° 24
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** (1959*) "Precipitazioni massime di durata da 1 a 5 giorni consecutivi per il trentennio 1921-1950"* Pubbl. Serv. Idrog.
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** *"Annali idrologici"* relativi agli anni 1951-1971
- **Regione Lombardia - Centro Nivometeorologico** (1991-95) *"Sintesi dei dati delle Stazioni Nivometeorologiche della Regione Lombardia"*
- **Regione Lombardia – Ceriani, Carelli** *"Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio Alpino della Regione Lombardia – registrate nel periodo 1891-1990"*

- **Spinedi F., Isotta F.** (2008) *"Il clima del Ticino"*
- **Siti internet del "Centro geofisico Prealpino di Varese" e del "Centro meteorologico Lombardo"**