



geologia ecologia agricoltura

di S. Ghilardi & C. s.n.c.

Sede Amministrativa e Ufficio:

24020 RANICA (Bergamo)

Via Carducci, 27

Telefono e Fax: 035.340112

E-Mail [gea@mediacom.it](mailto:gea@mediacom.it)

**COMUNE DI NEMBRO**

**PROVINCIA DI BERGAMO**

**“INDAGINI GEOLOGICHE DI  
SUPPORTO AL PIANO  
REGOLATORE GENERALE AI  
SENSI DELLA  
L.R. 41/97”**

***Relazione Tecnica***

Ranica, Febbraio 2001

A CURA DI :

Dott. Geol. Sergio Ghilardi

Errore Materiale 01

Approvato D.C.C. n° 36 del 26/09/13

## **1.0 - PREMESSA**

Il Comune di Nembro (Bergamo), intendendo procedere all'aggiornamento e alla pianificazione del Piano Regolatore Generale del territorio comunale ai sensi della L.R. 41/97, mi ha affidato l'incarico per lo studio della situazione geologico-ambientale dell'intero territorio, che si è tradotto nella presente relazione e nella produzione di una serie di Carte tematiche.

La finalità del lavoro svolto è stata dunque la descrizione dell'intero territorio comunale dal punto di vista della geologia, della geomorfologia, dell'idrografia superficiale e dell'idrogeologia, in modo tale che potesse essere di valido supporto anche alla pianificazione urbanistica attualmente in corso.

La Relazione Geologica è stata necessariamente integrata da una serie di cartografie che visualizzano, con opportune simbologie, i caratteri ambientali salienti del territorio comunale e da una esauriente documentazione fotografica.

Nel dettaglio, le cartografie prodotte a corredo della presente Relazione sono le seguenti:

- ❖ Tav. 1 Corografia scala 1:20.000/1:100.000
- ❖ Tav. 2 Carta Geologica scala 1:10.000
- ❖ Tavv. 3a e 3b Carta Geomorfologica scala 1:5.000
- ❖ Tavv. 4a e 4b Carta Idrogeologica scala 1:5.000
- ❖ Tavv. 5a e 5b Carta dell'uso del suolo ad  
orientamento vegetazionale scala 1:5.000
- ❖ Tavv. 6a e 6b Carta litotecnica scala 1:5.000
- ❖ Tavv. 7a e 7b Carta litologica scala 1:5.000
- ❖ Tavv. 8a e 8b Carta del rischio idrogeologico scala 1:5.000
- ❖ Tavv. 9a e 9b Carta di sintesi scala 1:5.000
- ❖ Tavv. 10a ÷ 10f Carta della fattibilità scala 1:5.000/1:2000
- ❖ Tav. 11 Carta delle Precipitazioni minime annue scala 1:50.000
- ❖ Tav. 12 Carta delle Precipitazioni massime annue scala 1:50.000
- ❖ Tav. 13 Carta delle Precipitazioni medie annue scala 1:50.000
- ❖ Tav. 14 Carta delle Precipitazioni massime di 1 g. scala 1:50.000
- ❖ Tavv. 15a e 15b Carta delle curve iso "a" e "n" con T = 5  
scala 1: 50.000
- ❖ Tavv. 16a e 16b Carta delle curve iso "a" e "n" con T = 10  
scala 1: 50.000
  
- ❖ Tavv. 17a e 17b Carta delle curve iso "a" e "n" con T = 50

scala 1: 50.000

❖ Tavv. 18a e 18b Carta delle curve iso "a" e "n" con T = 100

scala 1: 50.000



Per quanto riguarda la metodologia, la presente Relazione è stata redatta prendendo come riferimento il documento della Regione Lombardia indicante i "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale" (Decreto della Giunta della Regione Lombardia n. 5/36147 del 18.5.1993), il quale è volto a "specificare ed attuare i disposti del decreto ministeriale 11 marzo 1988 che, nel fare riferimento genericamente a 'Piani Urbanistici', non disciplina esplicitamente la metodologia della ricerca in campo geologico relativa agli strumenti urbanistici generali comunali (PRG)".

Dal documento proposto dalla Regione Lombardia si vogliono qui riportare alcuni passi che bene sottolineano l'importanza della geologia nel campo della pianificazione territoriale: in esso si dice infatti che "ogni particella del territorio deve essere considerata dal pianificatore con la massima attenzione in quanto porzioni anche apparentemente marginali manifestano una importanza ambientale che deve essere presa sempre in dovuta considerazione nei processi pianificatori".

A tal fine, "il contributo della geologia appare un elemento essenziale per effettuare corretti studi analitici di settore e conseguentemente proporre significative indicazioni tecniche da recepire negli strumenti urbanistici". "Si specifica infine che gli studi indicati (...) non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini geognostiche di maggior

dettaglio prescritte dal D.M. 11 marzo 1988 per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva".

Per quanto riguarda in particolare il lavoro eseguito sul territorio comunale di Nembro, è da sottolineare come esso sia stato realizzato sia facendo riferimento alla documentazione bibliografica e cartografica esistente (citata nei relativi capitoli), sia mediante ripetuti sopralluoghi e rilievi in buona parte originali (soprattutto per gli aspetti relativi ai caratteri litologici e geomorfologici) e da una consistente documentazione fotografica che illustra i principali aspetti del territorio.

L'Amministrazione Comunale, dal canto suo, ha fornito il materiale a sua disposizione, consistente essenzialmente, oltre che nelle previsioni di piano, della cartografia di base a scala dettagliata e in tutte quelle conoscenze legate alla gestione della risorsa idrica che risultano di fondamentale importanza per il corretto svolgimento del lavoro.

La base cartografica adottata per le cartografie di dettaglio è la carta fornita dall'Amministrazione comunale in scala 1:5000, la quale è stata ritenuta la più adatta a rappresentare in modo agevole tutto il territorio comunale, tenuto conto anche della relativa uniformità del territorio stesso

in merito agli aspetti geologico-tecnici e idrogeologici e delle contenute previsioni di espansione edilizia.

La Carta Geologica, e quella sulla quale sono state ubicate le posizioni delle fotografie eseguite sul territorio, ha come base la Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000, derivata da riprese aeree condotte all'inizio degli anni '80. Il territorio di Nembro è rappresentato sulle sezioni, in scala 1:10.000, denominate C5c1 - Albino, C5c2 - Alzano Lombardo, C4c5 - Selvino.

Per le cartografie di inquadramento sono state invece di volta in volta adottate basi cartografiche in scala 1:100.000 e 1:50.000, sempre prodotte dalla Regione Lombardia.

## **2.0 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-TERRITORIALE**

Il territorio comunale di Nembro, in provincia di Bergamo, si estende per una superficie di poco più di 15 kmq nella media Valle Seriana.

Si tratta di un grosso agglomerato urbano che si inserisce nella più vasta area urbanizzata che costituisce la città lineare della media valle Seriana, che trova più a valle i comuni di Alzano Lombardo e Villa di Serio e più a monte il Comune di Albino.

Lo sviluppo dell'urbanizzazione è avvenuto prioritariamente sui terrazzi fluvio-glaciali del F. Serio in cui si sono sviluppati, oltre al centro urbano di Nembro in sponda destra, anche la frazione di Gavarno in sponda sinistra. Completano il territorio comunale le frazioni periferiche di Lonno, Trevasco S.Trinità, Trevasco S.Vito e Salmezza.

Successivamente, mentre diventava più importante la strada di collegamento della Valle Seriana, lo sviluppo del comune è diventato più lineare seguendo sostanzialmente l'andamento dell'arteria principale.

Mano a mano che l'edificato si è sviluppato, la mancanza di ampi spazi e la necessità di nuovi insediamenti industriali collegati allo sviluppo del sistema terziario, che negli ultimi 50 anni ha caratterizzato in modo violento la media Valle Seriana, ha portato alla occupazione di aree marginali e talvolta di pertinenza degli ambiti fluviali creando situazioni anche al limite della accettabilità.



Il Fiume Serio divide in due porzioni il territorio comunale: la parte Nord-Occidentale è la più estesa territorialmente e anche la più antropizzata e giunge con la località Salmezza sotto la Corna Bianca al confine con il Comune di Zogno (Valle Brembana); la parte Sud-Orientale è per contro meno estesa e comprende esclusivamente la frazione di Gavarno Rinnovata.

Le due aree sono geograficamente divise dal F. Serio, che qui presenta un alveo molto ampio (e forse per questo esageratamente sfruttato), caratterizzato da diversi ordini di terrazzi fluviali e fluvioglaciali.

Le caratteristiche salienti, per quanto riguarda gli aspetti ambientali del territorio di Nembro, sono appunto la presenza del Fiume Serio che divide fisicamente in due parti il territorio comunale; della parte finale della Valle del Gavarno che rappresenta il bacino idrografico condiviso con i Comuni di Villa di Serio e Scanzorosciate; della valle del Carso e del torrente omonimo affluente di destra orografica del F. Serio che corre in prossimità del centro storico; dei torrenti minori, sempre affluenti di destra del fiume Serio, Luio e Lonzo e dei terrazzi fluvioglaciali che si affacciano sulla valle fluviale, caratterizzati da ampi pianori interrotti da ripide scarpate sostenute da conglomerato poligenico (ceppo).

Il territorio si presenta dunque prevalentemente collinare e montuoso, a connotazione tipicamente prealpina interrotto dai principali sistemi vallivi sopra menzionati.

I principali rilievi montuosi sono costituiti dal M. Podona, M. Cereto e dal M. Valtrusa che definiscono con la Valle del Carso la porzione Nord-Occidentale del territorio comunale; dal Costone di Gavarno e dalla Valle omonima che definiscono il confine Sud con i comuni di Pradalunga e Scanzorosciate.

### **3.0 - GLI ASPETTI GEOLOGICI DEL TERRITORIO**

La Tav. 2 riprende, in modo più schematico, la Cartografia Geologica prodotta dalla Università di Milano per conto della locale Amministrazione Provinciale.

Ad essa, dunque, e alle Note Illustrative che la accompagnano, ci si riferisce per la descrizione della Tavola allegata, che può essere così efficacemente sintetizzata.

Nel territorio amministrativo del comune di Nembro affiorano buona parte delle formazioni rocciose appartenenti al periodo secondario (Mesozoico) e in particolare all'età Triassica, Giurassica, Cretacica.

La serie quaternaria è poi molto ricca: anche se sono assenti i depositi glaciali, sono invece ben rappresentati i depositi fluviali e fluvioglaciali.

Procederemo ora nella descrizione delle principali unità geologiche affioranti nel territorio comunale di Nembro, partendo dalle più antiche fino alla più recenti.

## **TRIASSICO**

Il Triassico superiore è caratterizzato dalla nota serie denominata Gruppo dell'*Aralalta*, rappresentato in successione dalle Dolomie Zonate e dal Calcarea di Zorzino a cui segue il Calcarea di Zu e la Dolomia a Conchodon.

- **Dolomia Principale**

In questa zona la Dolomia Principale affiora lungo l'allineamento Corna Bianca – M. Purito e presenta diverse facies sedimentarie. In tutta l'area del comune di Nembro il limite inferiore dell'Unità non è cartografabile, infatti nelle prealpi lombarde centro orientali, la Dolomia Principale poggia in contatto di scollamento tettonico direttamente sui litotipi plastici della formazione di S.Giovanni Bianco.

La facies basale è costituita da dolomie e dolomie calcaree massicce da grigie a nere, in genere fetide alla percussione e con stratificazione indistinta in grossi banchi dello spessore di 2-3 metri; questa facies è quella più diffusa e si sviluppa nella zona più a Nord.

L'altra facies, quella superiore, meno diffusa, è costituita da roccia dolomitica e calcareao-dolomitica ben stratificata, in strati da 5 a 50 cm, di colore da grigio chiaro a nero, fetida alla percussione. Presenta talora una laminazione parallela con alternanza di bande di colore diverso. Altrove,

sopra la dolomia stratificata, è presente un'alternanza di calcari, calcari dolomitici e dolomie in strati da 2 a 50 cm.

La presenza della facies stratificata è quasi sempre rilevabile in prossimità del limite superiore con il gruppo dell'Aralalta in particolare con le Dolomie Zonate.

La Dolomia Principale affiora nella parte più a Nord dell'area di studio in prossimità della Corna Bianca e del M. Podona e nella parte sommitale del M. Cereto e lungo la Valle Brughiera.

- **Dolomie Zonate**

Con questo nome viene indicata una potente formazione di doloareniti e dolosiltiti che costituiscono parte del Gruppo dell'Aralalta assieme al Calcare di Zorzino.

Inferiormente questa formazione è a contatto con la Dolomia Principale, con la quale presenta rapporti di eteropia per interdigitazione (zona del M. Cereto e Valle Brughiera). Il limite inferiore è spesso transizionale, caratterizzato dalla comparsa di Dolomie grigie o grigio scure ben stratificate intercalate ai banchi di dolomie chiare ricristallizzate dell'unità sottostante.

La formazione è costituita da alternanze di doloareniti – dolosiltiti in strati decimetrici piano paralleli, con clasti millimetrici chiari, scuri, e massa di fondo grigio scura.

I livelli più grossolani possono presentare struttura gradata e base degli strati erosiva. Sono presenti inoltre ritmiti grigio-nerastre di spessore centimetrico con laminazioni parallele, e intervalli con laminazioni oblique e ripple di corrente.

Il limite inferiore è quello con la Dolomia Principale, ed è già stato descritto. Bisogna comunque ricordare che il passaggio tra la Dolomia Principale ed il gruppo dell'Aralalta è sottolineato da evidenze morfologiche; si passa infatti dalla morfologia aspra e dirupata della Dolomia a quella più dolce e con pendenze più blande tipiche del Calcarea di Zu.

Il limite superiore, al contatto con il Calcarea di Zu, si presenta sempre brusco poichè di natura tettonica, dovuto cioè al sovrascorrimento del Gruppo dell'Aralalta sopra il Calcarea di Zu e evidenziato anche dal cambio della morfologia tra Trevasco S.Vito e Trevasco S.Trinità del versante meridionale del M. Cereto – Valle del Carso.

- **Calcare di Zu**

Questa formazione è costituita da calcari e calcari debolmente marnosi grigio scuri, grigio bruni o grigio nerastri, compatti, a stratificazione massiccia, ai quali sono spesso intercalate marne, argilliti marnose ed argilliti nerastre. Queste intercalazioni sono più frequenti alla base dell'unità. Inferiormente, come detto in precedenza, il Calcare di Zu passa bruscamente alle Dolomie Zonate.

Superiormente è a contatto con la Dolomia a Conchodon sulla sinistra orografica della valle del Carso in cui da calcari grigio scuri, grigio bruni e grigio nerastri si passa a calcari oolitici, calcari e calcari dolomitici di colore più chiaro ed a stratificazione massiccia indistinta. Sulla destra orografica si trova in contatto tettonico per sovrascorrimento con la Dolomia a Choncodon e il Calcare di Moltrasio.

Affiora in prossimità della media Valle del Carso fino alle pendici meridionali del M. Cereto e nell'area compresa tra i Corni e il Forcellino di Lonno.

La sua maggior espressione, in termini di rappresentatività, è data dal versante meridionale dei Corni di Lonno in cui è ampiamente rappresentato anche se ricoperto da una sottile coltre eluviale.

- **Dolomia a Conchodon**

Questa formazione è costituita da calcari e calcari dolomitici, talora saccaroidi, a stratificazione indistinta o in grossi banchi, alternati con calcari oolitici, spesso a laminazione parallela.

Il colore è grigio chiaro, grigio bruno o grigio nocciola, quest'ultimo caratteristico dei calcari a maggior contenuto di  $\text{CaCO}_3$  che sono stati utilizzati nel passato anche per la produzione di pietra da taglio; in superficie è generalmente presente una patina di alterazione biancastra.

Morfologicamente la Dolomia a Conchodon dà luogo a ciglioni rilevati, rupi a picco e banconi fessurati ed erosi, ai piedi dei quali sono localmente abbondanti i detriti di falda.

La Dolomia a Conchodon giace in concordanza sopra il Calcarea di Zu con limite netto e sotto il Calcarea di Sedrina in corrispondenza della comparsa di calcari grigi e grigio scuri stratificati.

Il limite inferiore è piuttosto graduale ed è già stato descritto, visibile nell'area dei Corni di Lonno fino all'impluvio della valle del Carso. Sotto il M. Cereto il contatto è invece tettonico in quanto la Dolomia a Conchodon è limitata sia superiormente che inferiormente dal sovrascorrimento tettonico del Calcarea di Zu e parte della stessa Dolomia.



Il limite superiore è rappresentato dalla presenza del Calcarea di Moltrasio con la scomparsa per tutto il limite del Calcarea di Sedrina ad esclusione di due piccoli lembi coinvolti nel sovrascorrimento.

Il passaggio al Calcarea di Moltrasio è netto; i calcari grigio bruni, nocciola e grigio scuri, dapprima a stratificazione indistinta si presentano superiormente in banchi di potenza decrescente e passano ai calcari marnosi grigio scuri o neri a stratificazione media sottile, con noduli e liste di selce, del Calcarea di Moltrasio.

Affiora lungo il versante meridionale dei Corni di Lonno dove raggiunge i massimi spessori e sono presenti ancora le tracce di una abbastanza recente attività estrattiva.

## **GIURASSICO**

- **Calcarea di Sedrina**

Il calcarea di Sedrina rappresenta una successione ben stratificata di calcari bioclastici, talora dolomitici, calcari oolitici e calcari marnosi con noduli di selce, di colore variabile da grigio a nerastro. A tetto la formazione può essere coronata da un intervallo di spessore decametrico intensamente silicizzato, di colore bianco o grigio, scuro fino a nero.

La successione del Calcarea di Sedrina può essere suddivisa schematicamente in tre litozone, la prima costituita da calcari grigio scuri a stratificazione media, piano parallela, con rare liste e noduli di selce; una litozona calcarea – marnosa costituita da calcari micritici di colore grigio scuro, a stratificazione media piano – parallela; la terza litozona prevalentemente bioclastica costituita da banchi di calcareniti e calciruditi, spesso fortemente silicizzate con laminazioni oblique o tabulari.

Il limite inferiore è frequentemente transizionale, e normalmente corrisponde al passaggio tra i calcari dolomitici massicci della Dolomia a Choncodon ed una successione meglio stratificata, di colore più scuro, con intercalazioni marnose e più abbondanti noduli di selce. Il limite superiore può essere netto, identificato dai livelli silicizzati che coronano la

formazione prima del Calcarea di Moltrasio, a volte lo stesso limite diventa graduale quando i livelli non sono riconoscibili.

Nell'area oggetto di studio il Calcarea di Sedrina affiora in due piccoli lembi compresi nel sovrascorrimento della Dolomia a Conchodon nella parte medio-bassa del versante meridionale del M. Cereto, in cui è visibile il solo contatto inferiore.

- **Calcarea di Moltrasio**

Il Calcarea di Moltrasio, noto anche come "Pietra Coti", insieme al Calcarea di Domaro costituisce il cosiddetto Gruppo del Medolo.

Il Calcarea di Moltrasio è costituito da una successione di calcari marnosi grigio scuri o grigio nerastri leggermente bituminosi, con grossi noduli di selce nera.

Gli strati, di spessore variabile tra i 20 e i 40 cm, sono separati da interstrati marnoso-argillosi di pochi cm di spessore.

Il limite inferiore della formazione è rappresentato dal Calcarea di Sedrina.

Tra le due unità esiste un passaggio litologico graduale, che è già stato descritto in precedenza.

Superiormente il Calccare di Moltrasio è a contatto con il Calccare di Domaro.

Anche questo limite è graduale; dai calcari grigio scuri o nerastri a stratificazione media, con interstrati marnoso-argillosi e noduli di selce nera del Calccare di Moltrasio, si passa ai calcari marnosi, selciferi ed arenacei grigio scuri o grigio bruni, talora con noduli di selce nera, a stratificazione media sottile, fittamente intercalati alle marne scagliose del calccare di Domaro.

Risultando in successione stratigrafica, il Calccare di Moltrasio così come il seguente Calccare di Domaro affiorano sia sulle pendici basse del M. Cereto che nel versante settentrionale del M. Valtrusa lungo la direzione E-O.

- **Calccare di Domaro**

E' costituito da una successione di calcari marnosi, calcari selciferi e calcari arenacei grigio chiari o grigio scuri, a frattura scheggiosa e con patina di alterazione grigio chiara, talora rugginosa, fittamente intercalati a marne scagliose.

La stratificazione è sottile o media, localmente, soprattutto nella parte basale, sono presenti noduli di selce nera.

Frequenti sono invece delle dendriti ferromagnesifere per lo più limonitizzate.

Il limite inferiore è rappresentato dal Calcarea di Moltrasio; il passaggio fra le due formazioni è graduale.

Le due unità si distinguono in genere per il colore che diviene più chiaro verso l'alto, per il minor contenuto di argilla del Calcarea di Domaro, per la sua grana più grossolana, arenacea e per le sue più spesse e fitte intercalazioni marnose.

Il limite superiore è rappresentato dalla Formazione di Concesio con un graduale passaggio da calcari marnosi a marne calcaree seguite dalla comparsa di calcareniti e calciruditi molto caratteristiche (a sud del Colle Bastia). Il limite è generalmente diverso a seconda della zona di affioramento; nelle zone più settentrionali dell'area studiata, l'unità in questione è ricoperta direttamente dal Selcifero Lombardo, più precisamente dalle radiolariti (a Sud del Pizzo di Lonno); il contatto non si riesce però a vedere completamente.

- **Formazione di Concesio**

La Formazione di Concesio comprende alternanze di calcareniti e calciruditi bioclastiche a stratificazione spessa con marne e calcari marnosi selciferi, passanti a calcilutiti con abbondanti noduli e liste di selce

nella parte superiore della successione. Inferiormente la Formazione si appoggia sul Calcarea di Domaro, con un graduale passaggio da calcari marnosi a marne calcaree seguite dalla comparsa di calcareniti e calciruditi molto caratteristiche. La parte superiore comprende una litozona caratterizzata da una intensa silicizzazione, che preannuncia il passaggio alle sovrastanti Radiolariti. Nell'area del comune di Nembro, la formazione di Concesio si trova a nord del Colle Bastia, nella valle del Lonzo e sopra S. Pietro.

- **Radiolariti**

La formazione delle Radiolariti è costituita da selci sottilmente stratificate, gli strati vanno dai 2 ai 15 cm di spessore, di colore rosso bruno o verde, con interstrati argillosi e marnosi e livelli marnoso-calcarei.

Verso l'alto sono frequenti marne calcaree, calcari marnosi più o meno silicei, talora fogliettati, di colore bruno violetto con macchie intercalate grigio verdi chiare. Le superfici degli strati hanno un'evidente ondulazione. Il limite inferiore della formazione presenta caratteri differenti a seconda della posizione paleogeografica e strutturale. Nell'area in esame le radiolariti poggiano sulla Formazione di Concesio e il passaggio per quanto rapido, si presenta graduale per progressivo incremento degli strati selciferi rispetto a quelli calcareo-marnosi. Superiormente sono ricoperte

dal Rosso ad Aptici con cui forma il Gruppo del Selcifero Lombardo. Le radiolariti costituiscono un'ampia fascia estesa dal M. Ganda fino all'abitato di Nembro in corrispondenza delle alluvioni del fiume Serio.

- Rosso ad Aptici

La Formazione del Rosso ad Aptici è costituita da una successione talora ritmica di marne, marne calcaree, calcari marnosi e calcari arenacei debolmente silicei, in strati di 5 a 20 cm di spessore.

I colori predominanti sono i rossi, sui quali si sovrappongono sovente venature verdi, quasi bianche all'alterazione. Le selci tendono a localizzarsi nella parte centrale degli strati, in lenti, noduli e liste. La frattura è solitamente piana, più raramente scheggiata, la stratificazione è sottile.

Il Rosso ad Aptici normalmente ricopre le Radiolariti, ma in alcune aree, dove la lacuna del Giurassico medio è più evidente, si può osservare il contatto tra il Rosso ad Aptici ed il Rosso Ammonitico Lombardo.

Superiormente si passa gradualmente alla Maiolica.

## **CRETACICO**

- **Maiolica**

La Maiolica è costituita da calcari più o meno marnosi di colore biancastro o grigio rosato, ben stratificati, lo spessore degli strati varia dai 30 ai 50 cm circa, la frattura è concoide, sono inoltre presenti noduli e liste di selce nera.

La selce diminuisce generalmente verso l'alto della formazione, dove, tra i banchi di calcare, si intercalano dei livelletti pelitici grigi.

Inferiormente la Maiolica è a contatto con il Gruppo del Selcifero Lombardo; il passaggio tra le due unità è graduale, si va da calcari grigio rossastri e biancastri, a frattura concoide, ai calcari marnosi a frattura scheggiata, di colore rosso mattone del Rosso ad Aptici.

A tetto il limite è con la Marna di Bruntino, anche qui il passaggio è graduale, per la comparsa di intercalazioni argillose scure.

- **Marna di Bruntino**

Questa formazione è costituita da marne prevalentemente grigio scure, rosso vinate, verdastri e gialle con il colore disposto a fiamme, alternate a



scisti argillosi neri e bituminosi e a straterelli calcarei spessi al massimo 20/30 cm, di colore grigio giallastro. La componente carbonatica ha un progressivo aumento andando da Ovest verso Est.

La Marna di Bruntino giace in concordanza sulla Maiolica; il passaggio tra le due Formazioni è sottolineato dalla presenza di qualche metro di straterelli calcarei grigio-giallastri con intercalazioni di marne e siltiti fogliettate verdognole, grigie e nerastre.

Superiormente è ricoperta dal Sass della Luna.

Le Marne di Bruntino affiorano limitatamente nella parte bassa della valle del torrente Luio e sul M.Ganda.

- **Sass. della Luna**

Il nome di questa formazione, tratto dall'uso locale, è dovuto al colore bianco-giallognolo, effettivamente lunare, della sua patina di alterazione.

Questa formazione è costituita da calcari marnosi grigio nocciola o azzurrognoli, talvolta a base calcarenitica e marne grigio chiare, in strati e banchi di spessore vario.

Nella parte inferiore degli orizzonti calcareo marnosi sono presenti, alle volte, clasti calcarei di dimensioni fino al centimetro, di colore nerastro o nocciola. Nella parte superiore le marne e i calcari assumono una colorazione rosata fino a giallastra.

Spesso le superfici di strato mostrano frustoli carbonizzati o limonitizzati, trasportati al largo dalle terre emerse.

La formazione del Sass della Luna poggia in concordanza con le Marne di Bruntino; il limite tra le due formazioni è graduale, infatti si passa da alternanze di sottili strati di calcari marnosi a calcari in banchi sempre più potenti e pacchi di marne.

Interessa buona parte della bassa Valle Seriana tra Alzano L. e Villa di Serio, in particolare nel comune di Nembro affiora nella bassa valle del torrente Luio e sulla parte finale del Costone di Gavarno.

- **Marne e Calcareniti Rosse (Scaglia Rossa)**

Si tratta di diverse unità calcaree, calcareo-marnose ed arenacee deposte durante il Cenomaniano. La sequenza cenomaniana affiora in continuità sull'intera fascia pedecollinare bergamasca di cui Gavarno rappresenta una località in cui può essere facilmente riconosciuta. La sequenza cenomaniana completa comprende un insieme di calcareniti e calcari rossastri nella parte basale di origine torbiditica; un gruppo di calcari micritici chiari inglobanti noduli di selce di origine diagenetica; delle torbiditi sottili, fini, di colore giallastro, a stratificazione sottile e composizione mista sia silicoclastica che carbonatica; infine una nuova sequenza di calcari

micritici simili ai precedenti. Superiormente la sequenza Cenomaniana è ricoperta dalle Peliti Nere Superiori.

- **Peliti Nere Superiori**

La Formazione comprende una successione potente circa 25 metri ed è costituita da argilliti nere talora molto ricche in materia organica (Black Shales), intercalate con marne grigie e torbiditi fini siltoso-arenitiche, a stratificazione piano parallela. Inferiormente le Peliti Nere Superiori appoggiano in modo netto sulla sequenza cenomaniana. A est di Gavarno le peliti mancano, in parte sostituite da una successione pelitica di colori rossastri, e successivamente per lacuna.

- **Peliti Rosse**

Le Peliti Rosse comprendono una successione di argilliti con subordinati livelli arenacei a stratificazione sottile ed orizzonti calcilutitici normalmente silicizzati. Le peliti Rosse si identificano lungo la sinclinale Gavarno – Entratico e costituiscono la parte orientale del Costone di Gavarno. Inferiormente le Peliti Rosse passano in modo graduale ma assai rapido alle Peliti Nere, nei settori in cui la successione è completa.

## **QUATERNARIO**

- **Complesso di Piario**

Facies alluvionali, conglomerati con ciottoli ben arrotondati fino a 30 cm, matrice arenacea, supporto prevalentemente clastico, cementazione buona, nella parte alta livelli a ciottoli e a blocchi fino a metrici, sabbie stratificate e laminate. Cementazione pressochè nulla.

- **Complesso del Serio (alveo e valli tributarie)**

Si tratta di depositi glaciali, alluvionali e di versante ad essi correlati, caratterizzati da ridotto grado di alterazione e con una buona conservazione delle morfologie. Facies alluvionali: ghiaie a ciottoli arrotondati, supporto clastico, matrice sabbiosa; si riconoscono letti a laminazione obliqua. Sono visibili prevalentemente ciottoli cristallini dell'alta Valle Seriana. Le morfologie sono rappresentate da terrazzi discontinui sia in riva destra e sinistra del fiume Serio.

- **Unità Postglaciale**

Si tratta dei sedimenti incoerenti in facies di versante, di conoide, alluvionali.

*- Facies di versante*

Sono meglio esplicitate nella carta litologica; rientrano in questa categoria i depositi eluvio ed eluvio-colluviali, i detriti di falda più o meno stabilizzati e le fasce di raccordo dei versanti (depositi colluviali) costituiti da argille e limi.

*- Facies di Conoide*

Con ghiaie e sabbie a ciottoli in corpi lenticolari clinostratigrafici, sia a supporto di matrice sia a supporto clastico.

*- Facies alluvionale*

Depositi alluvionali dei greti dei corsi d'acqua.

Ghiaie e sabbie di varia natura e dimensioni talvolta in lenti cementate.

## **4.0 - GLI ASPETTI LITOLOGICI**

### **4.1 CARTA LITOLOGICA**

La distinzione fondamentale che ha ispirato la cartografia litologica è stata quella tra depositi superficiali e substrato roccioso.

I primi, che in genere vengono trascurati nella cartografia geologica tradizionale, rivestono fondamentale importanza ambientale in quanto su di essi generalmente avvengono sia le modificazioni antropiche sia quelle legate all'evoluzione naturale del paesaggio.

Questi depositi sono stati distinti in primo luogo in base alle loro caratteristiche genetiche che permettono di articularli in:

- depositi di versante
- depositi glaciali
- depositi fluviali.

Nell'ambito dei depositi di versante la distinzione fondamentale è stata operata tra coltri eluviali, cumuli di frana e detriti di falda.

Le **coltri eluviali** rappresentano i prodotti di alterazione chimico-fisica in situ del substrato roccioso e come tali sono strettamente condizionate dalla natura del substrato roccioso.

Pertanto dove possibile ci si è proposti di delimitarli ed inoltre di definirne le caratteristiche granulometriche e gli spessori.

Ad esempio esiste una sostanziale differenza di spessore e di natura litologica tra i depositi generati dalle rocce argilloscistose e da quelle calcaree in grossi banchi.

Le prime danno luogo a potenti coltri eluviali (anche 5-6 metri) a componente argillosa abbondante, mentre le seconde danno luogo a depositi sottili (10-20 centimetri) a composizione prevalentemente limoso-sabbiosa.

I **cumuli di frana** non sono presenti fortunatamente nel territorio esaminato, ma derivano soprattutto da crolli di rocce lapidee o da scivolamenti di materiali coerenti o pseudocoerenti.

Nell'analisi dei detriti di falda si è tenuto conto anzitutto della presenza o meno di un suolo con presenza di copertura vegetale; in secondo luogo si è considerata la granulometria e la natura dei clasti.

Attenzione particolare è stata riservata alla distribuzione di accatastamenti di blocchi di grandi dimensioni legati a fenomeni di crollo; anche se nel

caso specifico non sono presenti, i detriti compaiono sulle pendici meridionali del Colle Bastia e nella valle del Luio anche se arealmente non molto estesi e coperti dal colluvio.

I **depositi glaciali** senso lato, non sono presenti nell'area di studio, ma sono invece abbondanti i depositi fluvioglaciali, derivati dalla azione fluviale condizionata però dai fenomeni di ingressione e regressione marina.

Di seguito viene illustrato il quadro sintetico dei depositi superficiali.



#### **4.1.1 DEPOSITI DI VERSANTE**

##### **❖ Deposito colluviale**

E' il risultato dell'azione di trasporto e di deposito dei materiali più fini presi in carico dallo scorrimento delle acque superficiali e depositati al piede dei versanti andando così a costituire le cosiddette fasce di raccordo.

Una fascia continua è presente alla fine delle valli del torrente Luio e Lonzo fino al limite delle alluvioni del fiume Serio. Sulla sponda orografica sinistra del fiume Serio, nell'ambito del territorio comunale, sono presenti



sul fondo valle del Torrente Gavarno. Sono interessati da una forte antropizzazione costituita da agglomerati di case sparse.

❖ **Deposito eluvio-colluviale**

Costituisce una situazione intermedia tra il deposito colluviale alloctono ed il deposito eluviale autoctono; pertanto la granulometria del deposito non è più così sottile con prevalenza dei materiali argillosi, ma aumenta la componente limo-sabbiosa che conferisce al deposito migliori caratteristiche geomeccaniche. Una fascia continua di depositi Eluvio – Colluviali è visibile dalla frazione di Trevasco S.Vito fino alle pendici meridionali del M. Cereto. La fascia rappresenta il raccordo tra il substrato calcareo-dolomitico a monte e quello calcareo-marnoso sottostante.

❖ **Deposito eluviale**

Come già detto in precedenza è dovuto alla disgregazione chimico-fisica delle rocce in posto che per fasi pedogenetiche successive passa da roccia fratturata a suolo vero e proprio pervenendo alla costituzione di orizzonti pedologici di tipo A-C (suoli a Rendzina).

E' molto diffusa sul territorio comunale, con una forte prevalenza nella valle del Luio e del Carso in cui prevalendo le formazioni rocciose di tipo calcareo-marnoso e dove si generano ingenti quantità di depositi che conferiscono al versante carattere di fragilità.

❖ **Detrito di falda**

La disgregazione fisico-chimica delle pareti rocciose normalmente dà luogo al piede dei pendii alla formazione di estese coltri detritiche, formate da ciottoli spigolosi di solito ben classati, con matrice sabbioso-limosa.

Quando il litotipo calcareo è prevalente ed esiste un'abbondante circolazione idrica si possono formare dei crostoni detritici cementati per dissoluzione della frazione carbonatica e successiva cementazione.

Il detrito, sulla base del fatto che risulti in continua alimentazione o meno, può presentarsi colonizzato da vegetazione arborea o arbustiva o solo parzialmente colonizzato; ciò fa scaturire diversi comportamenti sotto forma di tutela di situazioni di fragilità ambientale. Nell'ambito del territorio comunale si osservano un'area ormai colonizzata dalla vegetazione costituita da detrito in località Ronchi sopra la frazione di Trevasco S.Vito.

❖ **Depositi fluviali**

Fra i depositi di origine fluviale si devono ascrivere:

- Le **alluvioni attuali e recenti**, che costituiscono il greto dei fiumi, e che sono caratterizzate da ghiaie e sabbie di varia natura e dimensioni appartenenti alle unità litologiche che costituiscono il bacino Seriano.
- Le **alluvioni terrazzate**, rappresentate da terrazzi morfologici sopraelevati dal fiume di pochi metri, che danno luogo ad ampie aree pianeggianti

soggette anche a fenomeni esondativi e purtroppo spesse volte occupate dalle attività industriali e artigianali.

- I **conoidi di deiezione**, che costituiscono il deposito alluvionale fatto di fiumi o dai torrenti quando questi raggiungono il fondovalle o aree più pianeggianti che interrompono bruscamente la loro corsa e il trasporto del materiale. Il conoide più significativo dell'area del comune è quello costruito dal torrente Carso, su cui sorge parte dell'abitato di Nembro.

- Le **alluvioni terrazzate** e i **depositi fluvioglaciali**.

Il limite fra le due unità litologiche è spesso molto sottile e non sempre ben distinguibile. Si può comunque affermare che gli apparati fluvioglaciali ben terrazzati e forti sono sicuramente ben visibili nelle parti più alte rispetto al corso del F. Serio. Le alluvioni terrazzate, visibili prevalentemente in sponda orografica destra del fiume Serio, caratterizzano buona parte del territorio in cui si è sviluppato il centro abitato di Nembro.



#### **4.1.2 SUBSTRATO ROCCIOSO**

Il substrato roccioso è stato ampiamente descritto nella carta geologica: qui si fa riferimento agli aggruppamenti che sono stati operati e che hanno portato ad una semplificazione nella rappresentazione delle rocce.

Si ricorda che sulla carta il colore più tenue indica le rocce subaffioranti, mentre il colore simile, ma più intenso, indica la roccia effettivamente affiorante.

#### ❖ **Dolomia Massiccia o Stratificata**

Oltre alle distintizioni in affiorante e subaffiorante valgono le considerazioni già riportate nella carta litologica.

Questa formazione riveste un'importanza fondamentale ai fini idrologici per il ruolo che svolge come roccia serbatoio ed è pertanto da tenere in grande considerazione negli interventi di tutela della risorsa idrica.

#### ❖ **Argilliti**

Oltre alle distintizioni in affiorante e subaffiorante valgono le considerazioni già riportate nella carta litologica.

Queste rocce generano aree a grande vulnerabilità idrogeologica; infatti danno luogo ad una potente coltre eluviale (spessore anche di 6 - 7 metri) che conferisce ai versanti un grado di instabilità elevata.

❖ **Calcari mediamente o sottilmente stratificati non selciferi**

Rientrano in questa unità tutte le formazioni calcaree sottilmente stratificate quali il Calcarea di Zu e altre similari che normalmente danno luogo a coltri eluviali abbastanza potenti.

❖ **Calcari massicci o stratificati in grossi banchi**

Le formazioni Giurassiche e Medoloidi rientrano per buona parte in questa unità per l'affinità di comportamento geomeccanico e strutturale, danno luogo, infatti, a pareti dirupate e strapiombanti ed a coperture superficiali molto limitate.

❖ **Rocce sedimentarie silicee**

Le unità appartenenti alle Radiolariti, al Rosso ad Aptici ed al Selcifero Lombardo sono raggruppate per affinità litologica e geomeccanica in un unico gruppo.

❖ **Marne e Marne calcaree**

Anche le marne e le marne calcaree (Formazione di Concesio, Marna di Bruntino ecc.) vengono raggruppate indipendentemente dalla loro genesi ed età in un'unico gruppo litologico.

## **5.0 - ASPETTI GEOMORFOLOGICI**

### **5.1 CARTA GEOMORFOLOGICA**

I progressi della geologia ambientale hanno condotto recentemente alla messa a punto di una metodologia di rilevamento geologico che si avvale delle indicazioni combinate della geomorfologia, della litologia di superficie, dell'idrogeologia, dell'idrologia e dell'intervento antropico sul territorio.

L'interpretazione combinata dei suddetti caratteri permette di evidenziare i processi che controllano l'evoluzione in atto del paesaggio e si possono di conseguenza ritenere di preminente importanza nella definizione geo-ambientale di un territorio.

La premessa di tali indagini è costituita da una attenta osservazione delle forme del terreno e della loro associazione, tenendo conto dei seguenti aspetti.

- a) proprietà morfogeologiche e morfometriche quali: tipo, dimensioni, inclinazioni, esposizione ecc.;
- b) composizione litologica ed assetto tettonico dei materiali su cui si sono modellati;

- c) forze e processi dinamici che hanno modellato o che attualmente insistono nella loro azione.
- d) relazioni cronologiche tra le diverse forme;
- e) rapporti reciproci e distribuzione spaziale.

I processi geomorfologici evidenziati nello studio del territorio di Nembro sono principalmente legati all'azione della gravità sui versanti montuosi, alla quale si abbina quella dell'acqua sia incanalata sia diffusa.

Quest'ultima anche in forma di neve e/o di ghiaccio, è responsabile di un'ulteriore gruppo di processi a loro volta evidenziati nel corso dell'indagine.

Molteplici sono inoltre le incidenze morfologiche dovute all'attività antropica, talora direttamente responsabili in tutto o in parte dell'innescare dei processi descritti precedentemente.

I dati raccolti nel corso delle indagini geomorfologiche si sono rivelati determinanti sia nel corso delle indagini specifiche relative alla individuazione e distribuzione dei principali rischi geologici sia nella definizione di aree a caratteristiche geoambientali omogenee.



Fra i processi morfodinamici più significativi sono stati rappresentati:

- *Orli di scarpata di degradazione o di frana*
- *Orli di scarpata di erosione fluviale attivi*
- *Orli di scarpata di origine strutturale attivi*
- *Orli di erosione fluviale*
- *Frana non fedelmente cartografabile attiva*
- *Nicchia di frana attiva e quiescente*

#### **Elementi strutturali**

- *Asta torrentizia a fondo a V*
- *Asta torrentizia a fondo arrotondato*
- *Coni di deiezione*
- *Grotte verticali*
- *Grotte orizzontali*

#### **Elementi antropici**

- *Cava attiva e inattiva*
- *Discarica di inerti*
- *Discarica di R.S.U.*

I processi di erosione dei versanti sono presenti principalmente sul versante della valle a nord del fiume Serio, mentre le aree soggette a crollo di masse rocciose sono ubicate all'interno della valle del Carso.

Le aste torrentizie a fondo arrotondato prevalgono nella valle del Carso, mentre nella valle del Luio prevalgono le incisioni a V, sia a destra che a sinistra. Nella valle della Gavarnia prevalgono invece le incisioni a V, mentre i terrazzi di varia origine accompagnano, sia a destra che a sinistra, il corso del F. Serio.

### **Forme dei versanti dovute alla gravità**

#### *- Nicchia di frana attiva*

Le evidenze geomorfologiche di tali fenomeni non presentano una distribuzione significativa sul territorio comunale, da segnalare la loro presenza nei pressi del Colle Bastia e nella valle del torrente Luio.

#### *- Frana non fedelmente cartografabile attiva*

Le evidenze morfologiche legate a tali fenomeni non sono molto diffuse sul territorio comunale e sono presenti solo in modo sporadico. Da segnalare la loro presenza nella valle del Luio e sotto il Colle Bastia, si tratta

comunque di fenomeni circoscritti legati alla natura del substrato e al degrado della vegetazione.

*- Orlo di scarpata di degradazione o di frana*

Le evidenze morfologiche di tali processi sono particolarmente significative nei pressi della valle del Carso, lungo le sponde del torrente omonimo e in parte sul versante orografico destro della valle stessa. Significativi sono anche i fenomeni diffusi nella parte superiore della valle del Luio e negli affluenti della Gavarnia che scendono dal Costone di Gavarno.

**Forme poligeniche o problematiche**

*- Orlo di scarpata modellata da più processi morfogenetici concomitanti*

**Ambiti morfologici complessi**

- Ambiti a forte dinamismo interessati da processi di origine prevalentemente gravitativa poco estesi, ma diffusi*
- Versanti con guglie e pinnacoli rocciosi*
- Versanti con gradonature artificiali*
- Conoidi*

## **Forme carsiche**

### *- Grotta orizzontale*

## **Stacco di blocchi**

Le evidenze morfologiche legate a tali processi sono state riconosciute nella parte alta della valle del Carso, sotto il versante orientale del Monte Podona. Un'altra area soggetta a caduta di detrito si trova lungo il versante orientale del Monte Cereto, in corrispondenza della strada provinciale (S.P. 35) per Albino.

### *- Soliflusso*

Il soliflusso rappresenta un fenomeno di movimento lento del terreno che interessa normalmente spessori di suoli elevati posti su substrati molto inclinati. L'area che presenta in maniera più evidente tale fenomeno è rappresentata dalla Valle del Luio, in cui un suolo derivato da un substrato argillitico si trova in condizioni di elevata giacitura.

## **Forme fluviali, fluvioglaciali e lacustri**

- *Orli di scarpata di erosione fluviale*

Le evidenze morfologiche di tali fenomeni sono localizzate in corrispondenza dei corsi d'acqua principali e sono state riconosciute principalmente lungo le sponde del torrente Carso e del torrente Luio.

- *Marmitte*

Sono localizzate principalmente lungo il corso del torrente Carso

- *Cascate*

Sono localizzate principalmente lungo il corso del torrente Carso nel tratto che precede la località Trevasco S.Vito.

**Forme di origine antropica**

- *Cava abbandonata*

Sono presenti in località Fornace, sotto l'abitato di Trevasco S.Vito, vicino al Santuario dello Zuccarello e nella valle del Luio.

- *Discariche, terrapieni e riporti*

Sono diffusamente presenti nel territorio comunale principalmente lungo il corso del Serio e nei pressi delle cave abbandonate.

**Forme poligeniche o problematiche**

- *Orlo di scarpata modellata da più processi morfogenetici concomitanti*

Le evidenze morfologiche di tali fenomeni sono state riconosciute in diverse aree del territorio comunale, soprattutto dove si verifica un cambio di litologia o è presente una linea di dislocamento ormai obliterata dei depositi.

**Ambiti morfologici complessi**

- *Versanti con gradonature artificiali*

Sono presenti in località Lonno, Trevasco S.Vito e S.Trinità e valli del Luio e del Gavarno.

- *Terrazzi fluvioglaciali di I ordine*

Sono presenti in destra idrografica del Fiume Serio e nella Valle del Luio.

- *Terrazzi fluvioglaciali di II ordine*

Sono presenti unicamente in destra orografica del Fiume Serio, parallelamente e a monte dei terrazzi di I ordine.

- *Terrazzi fluvioglaciali di III ordine*

Sono presenti in destra orografica del Fiume Serio, parallelamente e a monte dei terrazzi di II ordine.

- *Conoidi*

Le evidenze morfologiche di tale fenomeno sono presenti solo in prossimità dello sbocco del torrente Carso, in corrispondenza dell'area a maggiore antropizzazione del comune di Nembro. Esistono poi su tutto il territorio comunale conoidi non cartografabili che sono correlate agli affluenti minori.

### **Forme carsiche**

#### *- Grotte orizzontali*

Sono presenti nei pressi delle pendici meridionali del Monte Valtrosa e a valle dell'abitato di Trevasco S.Trinità.



## **6.0 - ANALISI CLIMATOLOGICA**

Lo studio del territorio non può prescindere dalle conoscenze relative alla situazione climatologica dello stesso per l'importanza più volte dimostrata sia per i tragici eventi che si susseguono con sempre più incalzante frequenza e gravità, sia per gli aspetti legati all'approvvigionamento idrico e infine per quanto attiene allo smaltimento e regolazione delle acque superficiali anche di utilizzo urbano.

A seguito di ciò si impone seriamente che per ogni territorio, la pianificazione si basi anche sulla conoscenza dei valori di temperatura, dei giorni di gelo, dei valori delle precipitazioni medie, minime, massime annue e delle precipitazioni brevi ed intense.

La conoscenza di periodi siccitosi o particolarmente piovosi che possono ricorrere nell'intervallo di una vita umana, può sicuramente costituire un valido supporto per la pianificazione territoriale in tutte le sue sfaccettature.

Nella presente indagine vengono pertanto commentati i risultati che sono emersi dall'analisi delle precipitazioni, considerate su base annua e mensile, sul territorio di competenza e delle temperature dell'aria.

Seguendo la definizione di clima data da Strahler (1970) e cioè che *il clima è la composizione caratteristica dell'atmosfera risultante da lunghi periodi di ripetute osservazioni, dedotta non solo dall'analisi dei valori medi, ma anche di quelli che si discostano da quest'ultimi e dall'esame delle possibilità di ricorrenza di eventi particolari*, ci si è sforzati di raccogliere la serie di osservazioni riferite ad un periodo sufficientemente lungo per ottenere un quadro significativo del fenomeno in studio.

I dati disponibili si riferiscono a serie pluriennali di osservazioni, rilevate in stazioni istituite dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici o passate in carico allo stesso nei primi decenni di questo secolo dopo essere appartenute ad osservatori locali.

Nello specchietto seguente sono segnalate le stazioni con bacino di appartenenza, la quota sul livello del mare e gli anni in cui hanno operato, nonché il tipo di apparecchiatura.

Stazione	Bacino	Quota	Strumento	Periodo Oss.
Gandino	Serio	570	P	1921-73
Orezzo	Serio	730	P	1921-47
Vall'Alta	Serio	441	P	1921-73
Olera	Serio	518	P	1921-73



I Periodi di osservazione si riferiscono a valori annui mensili.

Per intervalli giornalieri le serie a disposizione sono più ridotte in quanto i dati non sono stati sempre pubblicati.

Il settore termica atmosferica "al livello di rilevazioni sistematiche di dati è stato dimenticato anche in questo areale. Esistono dei dati relativi all'ultimo decennio rilevati sul fondo valle contestualmente ad altri parametri caratterizzanti la qualità dell'aria.

Si tratta di valori frammentari e pertanto inadeguati a dare una caratterizzazione attendibile delle condizioni termiche".

La presente analisi climatica pertanto illustra i risultati emersi e relativi ad un unico parametro, le precipitazioni, non esistendo gli elementi di base per poterne quantificare altri e conseguentemente elaborare documenti derivati.

## **6.1 PRECIPITAZIONI**

Dall'esame dell'elenco delle stazioni di rilevazione prima riportato risulta come la maggior parte di esse ricada oltre i confini dell'area oggetto d'indagine; sono state considerate per avere una definizione areale del fenomeno, previa vagliatura dei legami fra i dati rilevati in stazioni vicine attraverso il calcolo del coefficiente di correlazione fra le serie di totali annui.

La maggior parte delle stazioni è corredata di un periodo di osservazioni continuo e di durata tale da poter ottenere risultati più che significativi dell'andamento del fenomeno.

### **6.1.1 - Medie annue**

Per ciascuna stazione si è proceduto al calcolo dei valori medi annui ed all'estrazione dalla serie di osservazioni su quelli estremi.

Una mappa a scala 1:100.000 rappresenta l'andamento delle medie, minime e massime annue per variazioni di 100 mm di pioggia.

Tale documento è stato costruito con il metodo dell'interpolazione lineare fra stazioni limitrofe.

Il procedimento presuppone un'analisi dei dati impostata in modo da ricercare il grado di similarità esistente nell'andamento delle precipitazioni passando da una stazione all'altra.

Pertanto, come già detto, prima di procedere alla rappresentazione areale si sono vagliati i legami fra i dati pluviometrici rilevati in stazioni vicine calcolando il coefficiente di correlazione fra i totali annui relativi a periodi comuni.

I valori di questo parametro sono risultati significativi ad eccezione di quelli legati alla stazione di Selvino.

I valori rilevati in tale stazione e pubblicati sono risultati tali da mettere in dubbio la loro attendibilità, come è emerso anche da un confronto con stazioni limitrofe per eventi critici contemporanei sia massimi che minimi.

Non esistono i presupposti naturali che giustifichino una situazione peculiare per l'area orbitante su tale stazione; si può ritenere che le rilevazioni sono state effettuate con un grado di approssimazione non accettabile o che lo strumento non è stato collocato secondo le norme richieste perchè la rilevazione sia da considerarsi corretta.

Pertanto escludendo i dati di Selvino, si può ritenere che passando da una stazione all'altra l'andamento delle precipitazioni presenta una elevata similarità che autorizza a prospettare uno studio areale di questo elemento climatico.

L'esame del documento cartografico mette in luce come l'andamento delle precipitazioni presenti un regolare incremento da Est verso Ovest e da Sud verso Nord.

I valori più depressi si localizzano sull'allineamento M. Misma mentre quelli più elevati caratterizzano le zone di spartiacque con il bacino del F. Brembo verso occidente e le propaggini meridionali del M. Alben.

L'area di competenza della Comunità Montana - con particolare riferimento al Comune di Nembro - usufruisce quindi di un contributo medio annuo differenziato di circa 500 mm di precipitazioni; i valori medi sono ampiamente superiori a quelli della media italiana (Contessini 1957) ed in sintonia con quelli riportati per la Regione Alpina (Mennella 1957).

### **6.1.2 - Frequenza annua**

L'elaborazione dei dati relativi ai giorni di precipitazione evidenzia che i valori medi annui variano dagli 86 di Vall'Alta agli 89 di Gandino; i valori estremi massimi hanno raggiunto incrementi compresi fra il 37% (Gandino) ed il 56% (Olera - Vall'Alta), mentre i minimi hanno registrato contrazioni sempre prossime o nettamente superiori al 40%. L'anno 1960 ha costituito uno dei primi casi di contemporaneità di evento per quanto riguarda i massimi assoluti mentre il triennio 1947 - 1949 si segnala per i minimi, dal che si può arguire che esiste un elevato grado di probabilità che, qualora si verifichi un evento eccezionale sia massimo che minimo,

questo colpisce l'intero territorio in esame. L'intensità delle precipitazioni medie diurne (rapporto fra precipitazione media annua espressa in mm e numero medio di giorni di precipitazione) varia fra 15 e 19 mm con i valori più elevati nella bassa Valle Seriana.

### **6.1.3 - Eventi eccezionali per 12 mesi consecutivi**

Nella valutazione delle disponibilità idriche assume notevole importanza conoscere le precipitazioni non solo nei loro valori medi, ma anche in quelli estremi.

Si è pertanto proceduto all'individuazione per l'intera serie di valori disponibili, dei valori più elevati e più modesti, adottando il metodo di Fantoli (1913) per una elaborazione dei dati riferentesi ad intervalli di tempo da 1 a 12 dove l'unità base è il mese. In tal modo si interrompono gli usuali schemi di analisi che tengono conto di intervalli di tempo stagionali o annui, schemi che condizionano spesso la possibilità di un esame realistico e dettagliato della dinamica del fenomeno pluviometrico.

Nella serie di dati a disposizione si sono scelti, per ciascun T, il primo caso critico sia massimo che minimo; i valori sono rappresentati nei grafici. Negli allegati sono stati rappresentati gli eventi estremi di 12 mesi consecutivi massimi e minimi costruiti con il metodo dell'interpolazione lineare fra stazioni limitrofe.

Le precipitazioni massime raggiungono il valore più elevato nella valle del T. Nesa (Olera 3262 mm); da questa località le precipitazioni diminuiscono regolarmente sia verso sud sia verso est con gradiente più pronunciato per la prima direzione rispetto alla seconda. I valori più modesti caratterizzano il bacino del T. Romna e la zona collinare prospiciente la pianura. L'ambito di fluttuazione dei valori è di circa 1000 mm di pioggia, pari al 30% del valore più elevato. Tale variazione rispecchia ciò che si riscontra anche nel confronto di eventi eccezionali contemporanei.

Per quanto riguarda i minimi il valore più elevato si localizza in corrispondenza del sistema montuoso che ha la massima elevazione nel M. Alben, mentre i valori più depressi riguardano la zona meridionale ed orientale del territorio della Comunità Montana. L'ambito di fluttuazione è più ridotto; i valori di precipitazione rispecchiano maggior uniformità e sembra di poter ipotizzare che in caso di evento eccezionale esso si estenda ad interessare in egual misura tutto l'areale.

L'esame congiunto dei tre parametri (medie, massimi e minimi assoluti) permette di rilevare l'esistenza di situazioni di coincidenza areale; per tanto la distribuzione degli eventi eccezionali sia massimi che minimi, pur con collocazione temporale diversa, non risulta dovuta al caso, ma spesso si sovrappone a quelle delle precipitazioni medie.

Un confronto fra le manifestazioni eccezionali e quelle aventi un tempo di ritorno inferiore è stato realizzato attraverso la costruzione dei diagrammi



circolari nei quali gli stessi sono espressi sotto forma di rapporto con la media pluriennale presa come 1.

In generale i cinque dati minimi mettono in luce una discreta variabilità per quasi tutte le stazioni, mentre per i massimi si rileva che, ad eccezione di Orezza, i primi casi critici raggiungono valori superiori ad una volta e mezzo la media con il caso eccezionale di Olera per la quale lo stesso è prossimo al doppio della media. Per i massimi i più accentuati fenomeni di coincidenza temporale si sono verificati negli anni 1935/36, 1937, 1940/41, 1960.

Per quanto riguarda i minimi, sono state annate asciutte quelle comprese fra il 9/41 - 8/42, 6/1943 - 5/1944, 3/1921 - 2/1922; in particolare l'evento 3/21 - 2/22 costituisce il primo caso critico per quasi tutte le stazioni.

Esso ha fatto registrare afflussi per 12 mesi consecutivi che oscillano fra il 46 ed il 51% della media, mentre l'evento 6/43 - 5/44 che pur presenta contemporaneità spaziale rientrando per tutte le stazioni fra i primi cinque casi critici, ha fatto registrare afflussi compresi fra il 52 ed il 62% della media annua.

L'eccezionalità dell'evento 1921/1922 è dovuta al fatto che la concentrazione degli afflussi oltre l'apporto del trimestre invernale ha interessato anche quello dei mesi autunnali che, di norma, risultano fra i primi nella scala gerarchica dei contributi mensili.

L'afflusso primaverile, invece, è sempre rimasto esente da consistenti concentrazioni e precipitazioni copiose, almeno relativamente al mese di Maggio, sono da considerarsi entro la norma.



## **6.2 REGIMI PLUVIOMETRICI**

Le precipitazioni sono state analizzate anche a scala mensile; i risultati sono tabulati nelle tabelle e rappresentati per mezzo di istogrammi.

Caratteristica comune a tutte le stazioni è la presenza nella regimazione di un massimo più elevato in primavera (Maggio) e secondario in autunno, nonché di un minimo ben definito in inverno.

Gli elevati valori delle precipitazioni estive (specialmente nel mese di Agosto) collocano la regione di studio in una situazione transizionale fra il regime sublitoraneo padano e quello continentale alpino.

I totali di Gennaio e Febbraio si mantengono sempre inferiori a quelli di Dicembre; Giugno presenta sempre, ad eccezione di Gandino, valori superiori a quelli di Luglio e Agosto.

Inoltre le precipitazioni dei mesi da Aprile a Novembre si mantengono superiori o prossimi al valore medio mensile.

Negli istogrammi dei valori medi sono stati inseriti anche quelli relativi ai valori estremi per segnalare l'ambito di fluttuazione delle piogge in ogni singolo mese.

L'articolazione dei valori massimi estremi non ricalca quella dei valori medi; usualmente i valori più elevati si trovano in autunno più che in primavera. Significativo il comportamento di Agosto che, in caso eccezionale, assume valori di precipitazione che si collocano fra i più elevati dell'anno.

Per i minimi si manifesta assenza d'acqua per buona parte dell'anno, ad esclusione dei mesi di Aprile e Settembre; tale situazione è, con molta probabilità, da imputare ad una minore variabilità interannuale delle piogge nei mesi più caldi.



### **6.2.1 Precipitazioni stagionali**

Nel seguente prospetto sono stati riportati i valori medi stagionali delle precipitazioni espressi in mm, del numero medio di giorni precipitazione espresso in unità e dell'intensità delle precipitazioni espressa in mm/giorno, ottenuta dividendo i valori dell'importo medio delle precipitazioni per i corrispondenti valori dei giorni di precipitazione.

		Inverno	Primavera	Estate	Autunno
<b>Importo med. precip.</b>	<b>G.</b>	174	296	467	428
	<b>Or.</b>	175	435	491	435
	<b>V.</b>	224	434	468	429
	<b>OI.</b>	231	490	473	488
<b>N. medio gg. precipit.</b>	<b>G.</b>	14	27	27	21
	<b>Or.</b>	14	26	25	22
	<b>V.</b>	15	25	24	22
	<b>OI.</b>	15	26	25	22
<b>Intensità media</b>	<b>G.</b>	12,4	14,7	17,3	20,4
	<b>Or.</b>	12,5	16,7	19,6	19,8
	<b>V.</b>	14,9	17,4	19,5	19,5
	<b>OI.</b>	15,4	18,8	18,9	22,2

N.B.: G. stazione di Gandino  
 Or. stazione di Orezza  
 V. stazione di Vall'Alta

#### Ol. stazione di Olera

Risulta confermato, ad eccezione della stazione di Olera, l'elevato contributo estivo rispetto a quello delle altre stagioni che, ad eccezione di quella invernale, sono pure contraddistinte da apporti consistenti.

La frequenza denota, invece, valori pressochè uguali per le stagioni primaverili ed estiva; il ruolo di Maggio evidenziato dalla regimazione mensile, risulta mascherato a livello trimestrale dalla sommatoria dei valori costantemente elevati degli altri mesi .

L'intensità media giornaliera più elevata si verifica in autunno (a conferma che le precipitazioni sono meno frequenti ma più consistenti), la minima in inverno.



#### **6.2.2 Precipitazioni massime da 1 a 5 giorni consecutivi**

Il servizio Idrografico riporta, negli annali Idrologici, per un certo numero di stazioni le precipitazioni più elevate che si sono verificate nell'anno per intervalli che variano da 1 a 5 giorni consecutivi. I dati disponibili, in quanto pubblicati, relativi alle stazioni ricadenti entro i confini della C.M. si possono ricavare dal seguente prospetto:

Stazione	N. anni disponibili	Periodo
Gandino	46	1922- 1973
Orezzo	25	1921- 1947
Vall'Alta	25	1921 - 1950
Olera	29	1921 - 1950

Si è quindi proceduto all'analisi dei dati verificando la validità dell'applicabilità della legge proposta da Chow (1964)

$$P_{Tr} = P' (1+CK)$$

nella quale:

- P = valore della precipitazione, espressa in mm, per un tempo di ritorno  $Tr$ ;
- P = media della serie dei dati;
- C = coefficiente di variazione;
- K = fattore di frequenza che dipende dalla legge di distribuzione teorica adattabile al campione di dati.

Per la elaborazione è stata adottata quella proposta da Gumbel per la quale:

$$K = - \frac{\sqrt{6}}{\pi} j + \log \log \frac{Tr}{Tr - 1}$$

dove  $j = 0,57721$  costante di Eulero  
 $Tr = \frac{n+1}{m}$  tempo di ritorno che dipende dal numero di dati (n) e dalla posizione gerarchica (m) occupata da ogni dato nella serie di valori ordinati in senso decrescente.

La distribuzione di Gumbel è da ritenersi più che soddisfacente, essendo risultato un buon adattamento alla regolarizzazione per la serie di dati disponibili.

Sulla base di tali equazioni si sono estrapolati i valori di  $Tr = 50$  anni; i dati relativi sono riportati nel seguente prospetto (I riga) e messi a confronto con i massimi sperimentali (II riga).

	1gg	2gg	3gg	4gg	5gg
<b>Gandino</b>	126	163	207	236	245
	120	155	217	217	230

Orezzo	153	161	190	234	244
	146	151	168	216	221
Vall'Alta	116	167	195	210	212
	120	185	200	220	220
Olera	225	254	283	295	304
	232	245	260	272	281

Il confronto permette di rilevare che alcuni valori sperimentali, anche se in modo contenuto, risultano superiori a quelli calcolati ( $Tr=50$  anni); ciò si riscontra in particolare per la stazione di Vall'Alta dove i valori misurati relativi ad eventi del 1939 (1 e 2 giorni) e 1931 corrispondono a tempi di ritorno più elevati in base alle equazioni calcolate.

Nel contesto areale rilevano i valori di Olera, decisamente superiori a quelli di tutte le altre stazioni e per tutti gli intervalli considerati.

La distribuzione di frequenza del fenomeno non presenta coincidenze preferenziali nelle varie stazioni se si esclude il periodo invernale raramente interessato da tali eventi.

A sintesi dell'indagine delle precipitazioni di 1 giorno si sono mappate quelle relative ad un  $Tr = 50$  e si è costruita una carta (Tavole 17a e 17b) con il metodo dell'interpolazione lineare fra stazioni limitrofe. Per tale



elaborazione si sono usate anche le stazioni esterne alla Comunità Montana della Valle Seriana, dopo aver effettuato anche per queste ultime la regolarizzazione dei dati secondo la legge di Gumbel.

Il documento può essere ritenuto rappresentativo della distribuzione areale del fenomeno ed assunto quale parametro di riferimento per l'afflusso massimo di un giorno con tempo di ritorno 50 anni.

I valori presentano un incremento costante da est ad ovest dove raggiungono i valori più elevati in corrispondenza del bacino del T. Nesa e delle propaggini meridionali del M. Alben, in sintonia con quanto già rilevato per le precipitazioni massime di lungo periodo.

### **6.3 PRECIPITAZIONI MASSIME NELL'AMBITO GIORNALIERO - CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE**

Nell'areale della Comunità non ha mai operato una strumentazione a registrazione continua (pluviografo); pertanto non esistono dati che consentano di quantificare le curve di probabilità pluviometrica nell'ambito giornaliero (1, 3, 6, 12, 24 ore).

A titolo orientativo si riporta la rappresentazione grafica della distribuzione di frequenza delle suddette precipitazioni relative alla stazione di Bergamo; i dati relativi ad un  $Tr=50$  anni sono rispettivamente mm 67 (1h), 87 (3h), 105 (6h), 115 (12h), 143 (24h).

Si ritiene che gli stessi possano essere assunti come rappresentativi del fenomeno nell'area terminale di fondo valle della Comunità Montana.

Con i dati forniti dalle stazioni pluviografiche operanti sul territorio della Provincia di Bergamo e nelle provincie limitrofe, dopo aver effettuato la regolarizzazione mediante il modello di Gumbel, si sono potute comunque calcolare le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno.

Il procedimento adottato è stato quello usualmente proposto, ovvero, quello basato sulla regolarizzazione dei dati disposti in un diagramma bilogarithmico mediante regressione lineare.

L'espressione della curva segnalatrice in funzione del tempo di ritorno è del tipo:

$$h = at^n$$

dove:

**h** = precipitazione in mm, per un determinato tempo di ritorno;

**t** = durata della precipitazione in ore;

**a** ed **n** = coefficienti delle curve segnalatrici per assegnato tempo di ritorno.

In base alle predette determinazioni, si sono individuate le espressioni delle curve segnalatrici di possibilità climatica ovverossia i parametri di "a" ed "n". Assegnata la durata della pioggia (t), è così possibile ricavare l'altezza di pioggia critica (h) corrispondente ad un prefissato tempo di ritorno (Tr) in anni.

Nelle tavole allegate (Tavv. 15 ÷ 18) sono riportati i valori di "a" ed "n" in funzione del tempo di ritorno (elaborazioni del Prof. Ing. Paoletti).

## **6.4 TEMPERATURA DELL'ARIA**

Nel territorio della Comunità Montana e nelle immediate vicinanze (la stazione più prossima è Bergamo) non hanno operato stazioni di rilevamento della termica atmosferica, per cui le informazioni di cui si dispone sono da considerarsi approssimative e desumibili da elaborazioni cartografiche a livello regionale, di scarso dettaglio.

A titolo di documentazione bibliografica si riportano copie della:

- ❖ "Carta della temperatura media annua" (Allegato 1)
- ❖ "Carta della temperatura media del mese di gennaio" (Allegato 2)
- ❖ "Carta della temperatura media del mese di luglio" (Allegato 3)

elaborate da Ottone e Rossetti (1979) per l'intero territorio della regione lombarda sulla base di rilevazioni effettuate nel periodo 1926-1955;

- ❖ "Carta delle isoterme estreme estive e invernali" (Allegati 4 e 5)  
disegnate da Gavazzeni (1957) sulla base dei dati di 4 stazioni relative ad un intervallo di tempo compreso fra il 1876 e 1951 e di serie decennali di altre otto stazioni.

Da tali elaborati si ricava che il territorio della Comunità usufruirebbe di una temperatura media annua compresa fra 10° e 13° C con valori decrescenti secondo la latitudine.

Nel mese più caldo dell'anno (luglio) la media oscilla fra 20° e 23° C ed in quello più freddo (gennaio) fra -2° e 2° C .

Secondo Gavazzeni le temperature estreme estive sono comprese fra 36° e 38 °C e quelle invernali fra i 6° - 14° C.

## **7.0 - LA RETE IDROGRAFICA NATURALE E ASPETTI IDROGEOLOGICI**

Il territorio di Nembro risulta essere particolarmente ricco di acque superficiali, in relazione alla presenza del Fiume Serio e ad una fitta rete di affluenti sia in sinistra orografica che in destra ed alla presenza di una rete di rogge e canali che, fin dai tempi più antichi, assicurano la necessaria quantità d'acqua alle industrie e alle attività quotidiane dell'uomo.



### **7.1 IL FIUME SERIO**

Il territorio comunale di Nembro è diviso in due parti dal Fiume Serio che ne diventa l'asse portante e rappresenta un segno morfologico fondamentale.

Le relazioni che intercorrono tra il fiume e il contesto urbano e sociale di Nembro sono significative anche se attualmente il rapporto tra l'urbanizzazione e il fiume è un rapporto violento, nel senso che esiste una tendenza, imputabile non solo al Comune di Nembro, ad occupare le aree di pertinenza fluviale, mentre il rapporto con la popolazione che su di esso gravita è quello di chi vede il fiume come barriera insormontabile o come

area marginale in cui si possono collocare o sono stati collocati rifiuti di ogni genere.

Ciò è probabilmente dovuto anche allo stato di grave inquinamento chimico - fisico delle acque che ha portato ad un progressivo abbandono delle aree naturali fluviali in termini di fruibilità ambientale a vantaggio di una sempre maggiore espansione delle attività industriali ed artigianali.

Bisogna riconoscere che negli ultimi tempi, la nuova cultura e una maggior sensibilità rispetto a questo problema, ha portato ad un diverso approccio tra la società e il corso d'acqua.

Sono infatti in atto e sono state in parte attuate, anche con il contributo della locale Comunità Montana, una serie di iniziative volte al recupero ambientale delle aree prossime al F. Serio ai fini di una loro maggiore fruibilità in senso ricreativo e sportivo.

Ecco perciò come risulti senza dubbio significativo inquadrare il problema del F. Serio nel contesto urbano evidenziando le mutue relazioni che intercorrono fra la dinamica fluviale e le aree circostanti.

Nei documenti finali verranno poi descritte le relazioni e gli eventuali impatti fra le scelte urbanistiche e la dinamica fluviale.



### **7.1.1 Caratteristiche geografiche del Bacino del F. Serio**

Le Carte topografiche indicano con il toponimo "Sorgenti del Serio", le pendici sud-occidentali del M. Torena a circa 2500 m di quota in una zona impervia, priva di sentieri, modellata dal ghiacciaio che nel Pleistocene qui aveva la sua origine.

Poche centinaia di metri più sotto, ad un'altitudine di 2.129 m, vi è il Lago Barbellino superiore (detto naturale per distinguerlo da quello artificiale sottostante) che raccoglie direttamente l'acqua di queste sorgenti convenzionalmente indicate come punto di nascita del Fiume.

In quella stessa zona, consistenti apporti al Serio vengono da vallecole laterali quali quelli della Malgina, nella quale scorre lo scaricatore dell'omonimo lago, e soprattutto delle acque di fusione dei piccoli ghiacciai del Gleno, un tempo uniti ma ora distinti in due corpi separati.

Numerosi torrenti delle valli laterali concentrati nel tratto tra Valbondione e Ponte Nossa versano le loro acque nel F. Serio: sono il Bondione (Lizzola), il Fiume Nero, il Grabiasca, il Goglio, l'Acqualina (Valcanale), l'Ogna (Valzurio) ed il Riso, per non citare che i maggiori.

Oltre Ponte Nossa vi sono altri torrenti significativi che apportano altra acqua al F. Serio: fra questi meritano una citazione la Nossana, che dà un grosso contributo alle sorgenti che alimentano gli acquedotti di Bergamo



(circa 1000 l/sec); il T. Vertova che deriva dalla meravigliosa omonima valle; la Valle del T. Romna (Valgandino), gravemente compromessa dalla attività industriale; l'Albina ed il T. Luio di Abbazia in comune di Albino; il Luio, il Lonzo e la Gavarnia di Nembro e la Nesa in Alzano Lombardo.



### **7.1.2 Caratteristiche idrologiche del Bacino del Serio**

I dati sull'idrologia del Serio riguardano la media Valle Seriana e fanno riferimento alla chiusura posta al Ponte di Cene, sia perchè particolarmente significativa per l'espletamento del presente lavoro, sia perchè al ponte di Cene esiste una stazione di misura delle portate che ha operato per lungo periodo.

Al Ponte di Cene, situato a circa 72 Km dalla confluenza del Serio con l'Adda, vi è l'unica stazione idrometrografica del bacino seriano.

A monte di questa il bacino ha un'estensione di 455 Km<sup>2</sup>, un'altitudine massima di 3050 m (Pizzo Coca) e una quota media di 1335 m.

L'approfondimento delle indagini sul Fiume Serio non vuole essere una mera volontà di arricchimento della relazione, ma viene ritenuta una necessità rilevante in quanto il tratto di corso d'acqua compreso tra il

Ponte di Cene ed Alzano Lombardo, compreso il Comune di Nembro, presenta aree soggette a rischio di esondazione.

Al fine di una più corretta definizione della potenziale ondata di piena si è ritenuto di grande importanza riportare le informazioni desunte dallo Studio del Prof. Ing. Paoletti e del Dott. Ing. Peduzzi, facente parte del lavoro svolto all'interno del gruppo di lavoro per la redazione del Piano Territoriale Provinciale, di cui il sottoscritto era coordinatore per gli aspetti ambientali.

Oggetto della suddetta indagine è stato quello di determinare i caratteri principali dei fenomeni di piena che con assegnato tempo di ritorno si possono manifestare all'interno del Bacino del F. Serio nelle sezioni strumentate con apparati di misura di portata.

Le stazioni idrometrografica dotata di informazioni utilizzabili sono due nel territorio provinciale e precisamente quella del Ponte Briolo per il Brembo e la già citata del Ponte di Cene per il F. Serio.

La stazione di misura delle portate sul Fiume Serio è posta a Ponte Cene e sottende un bacino di 455 Km<sup>2</sup>, di natura prevalentemente impermeabile e con presenza di aree glaciali per un'estensione di circa lo 0,1%.

Nel bacino del F. Serio sono presenti serbatoi artificiali con capacità utile di 23.000.000 di m<sup>3</sup>, ma come nel caso della Valle Brembana sono poste

a quote elevata e pertanto con trascurabile effetto di laminazione nelle piene transitive nella sezione di misura.

Lo zero idrometrico della stazione di misura è posto a quota 353,15 m.s.l.m.

### **7.1.3 Portate di Piena del F. Serio**

La stima delle portate di piena, condotta per la stazione di Ponte Cene, si basa sui valori massimi annuali misurati al colmo e riportati nella successiva tabella per il ventennio 1951÷1970, desunti dalla consultazione degli Annuali del S.I.I. (Servizio Idrografico Italiano).

**Tabella - Portate al colmo 51÷70 [mc/sec]**

Anno	Brembo a P. Briolo	Serio a Cene
1951	877	187
1952	908	315
1953	551	213
1954	843	243
1955	426	153
1956	424	227
1957	586	421
1958	411	269
1959	469	231
1969	563	316
1961	447	191
1962	453	160

1963	733	443
1964	338	160
1965	673	353
1966	633	276
1967	345	195
1968	501	286
1969	320	237
1970	449	213

I due campioni delle portate al colmo così ottenuti sono stati elaborati statisticamente al fine di stimare le relative leggi di distribuzione di probabilità.

Questa indagine è stata condotta prendendo in considerazione la **legge di Gumbel** con cui di solito meglio si distribuisce questa grandezza idrologica.

La funzione di probabilità di tale legge è data dalla relazione:

$$P(Q) = e^{-e^{-\alpha(Q-\mu)}}$$

in cui  $\alpha$  e  $\mu$  sono i parametri di distribuzione che, ove si assuma per la loro stima il metodo dei momenti, risultano legati alla media  $\mu$  ed allo scarto quadratico medio  $\sigma$  del campione dalle relazioni.

$$\alpha = 1,283/\sigma$$

$$\mu = \mu - 0,5772\sigma$$

Calcolati i parametri delle distribuzioni (tabella sopra citata) si è introdotto il tempo T che, nel caso delle portate di piena, per la generica variabile Q, rappresenta il numero di anni in cui Q è in media superato una sola volta. La legge di Gumbel si può pertanto scrivere come segue:

$$Q = \mu - \frac{1}{\alpha} \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Nelle sottoelencate tabelle, per i diversi tempi di ritorno prescelti, sono riportate le stime delle portate al colmo ottenute col metodo esposto.

### Parametri della distribuzione

#### F.Serio a Ponte Cene

N. dati	20
Media	254.45 mc/s
SQM	81.9 mc/s
$\alpha$	0.016
$\mu$	217.7



### Portate al colmo - Distribuzione di Gumbel

## **F. Serio a Ponte Cene**

T (anni)	Portata (mc/s)
2	241
5	313
10	361
20	407
50	467
100	511
200	556
500	614
1000	659

Riportati in cartogramma probabilistico i punti rappresentativi delle coppie di valori (Q,F), si è proceduto alla loro interpolazione con la retta di distribuzione.

Dall'esame visivo di tale diagramma si evince una buona interpretazione dei dati osservati con la retta di distribuzione della legge in parola.

L'esperienza dimostra che esiste una correlazione sufficientemente stretta tra le caratteristiche pluviometriche e morfologiche e le portate di piena al colmo.

In particolare il più importante dei parametri caratteristici utilizzabili è la superficie del bacino.

Sulla base di questa considerazione vari autori, tra cui Gherardelli e Marchetti, hanno correlato i contributi al colmo storici di tutta una serie di stazioni idrometriche con la superficie del bacino.

La formula ottenuta da Gherardelli e Marchetti è la seguente:

$$q_c = q_{100} (s/100)^{2/3}$$

dove  $q_c = q_{100}$  è il contributo di piena in mc/sec,  $s$  è la superficie del bacino in Km<sup>2</sup> e  $q_{100}$  (contributo unitario di un bacino di 100 Km<sup>2</sup>), è una costante che assume valori diversi a seconda delle regioni idrologiche.

L'analisi probabilistica descritta in precedenza conduce, assumendo un tempo di ritorno pari a 100 anni, ad un valore di contributo unitario  $q_c$  pari a 1,12 mc/s Km<sup>2</sup> per il Serio al ponte di Cene e quindi a valori di  $q_{100}$  pari a 3,08 mc/s km<sup>2</sup>.

Nell'ipotesi che lungo l'asta fluviale, per aree di bacino sotteso con variazioni del 20% rispetto alle aree di bacino sotteso a Ponte Cene, il  $q_{100}$  sia costante, è possibile calcolare in ogni sezione, nel campo di ammissibilità la corrispondente portata di piena.



## **7.2 VALUTAZIONE DELLA SITUAZIONE A RISCHIO NEL COMUNE DI NEMBRO**

Le aree considerate a rischio di esondabilità possono presentare una delle seguenti caratteristiche:

- Zone di bassa pendenza o pianeggianti in cui le acque fuoriuscite dall'alveo hanno modo di espandersi, generalmente con modeste velocità, e permanere sul terreno inondato.
- Zone con pendenza non trascurabile che consentono lo scorrimento della lama liquida all'esterno dell'alveo con velocità anche elevate, e pertanto senza ristagni prolungati, ma in cui la capacità distruttiva deriva dall'elevato trasporto solido.

Il Bacino del F. Serio presenta fenomeni erosivi localizzati sia lungo l'asta principale sia lungo gli affluenti.

Per quanto concerne le aree soggette ad esondazione l'Alta Valle Seriana non presenta particolari situazioni di gravità, anche per la scarsa presenza antropica in prossimità dell'alveo, almeno sino all'abitato di Villa d'Ogna.

La Bassa Valle Seriana, pur essendo caratterizzata da una maggior pressione antropica attorno all'asta del fiume, non presenta essa stessa



gravi situazioni di esposizione al rischio di esondazione **ad eccezione dei tratti localizzati tra gli abitati di Cene e di Alzano Lombardo.**

La situazione dichiarata a rischio non dallo scrivente, ma dagli Ingg. Paoletti e Peduzzi del Politecnico di Milano, potrebbe essere ulteriormente aggravata dall'aumento del grado di cementificazione del territorio e del conseguente abbandono della montagna e degli alvei degli affluenti del Serio.

E' noto infatti come la vegetazione presente in alveo, rallenti il corso della corrente, aumentando il volume della massa d'acqua, e qualora la vegetazione venga estirpata risulta di grave rischio per la possibilità di ostruzione dei ponti situati a valle.

Il Prof. Ing. Paoletti segnala nel suo rapporto che **"nei comuni di Cene, Pradalunga, Albino, Nembro, Alzano Lombardo, Villa di Serio, Scanzorosciate, Gorle esiste un'area di esondazione estesa sia in sponda destra che in sponda sinistra con possibile interessamento di numerosi fabbricati industriali e civili; il tratto è caratterizzato da una notevole pressione antropica e quindi segnala la necessità di studi particolari ed approfonditi al fine di evitare l'estendersi degli insediamenti a ridosso dell'asta fluviale ed il conseguente ulteriore restringimento dell'alveo che in alcuni tratti risulta di larghezza assai ridotta".**

Le presenti dichiarazioni non vogliono costituire un allarme infondato ma vogliono solo far scaturire una nuova sensibilità negli approcci col territorio.

Non si dimentichi infine che nella parte alta del bacino del F. Serio sono presenti numerosi invasi artificiali che potrebbero trovarsi, durante eventi meteorici eccezionali, non solo in grado di trattenere acqua, ma al contrario con la necessità di rilasciarla: ciò aumenterebbe considerevolmente il valore della portata calcolata con metodi empirici.

Nella Carta del Rischio Idrogeologico (Tavv. 8a e 8b) a cui si farà riferimento nelle pagine successive e nella conseguente Carta della Fattibilità per le azioni di piano (Tavv. 10a ÷ 10f), è segnalata un'area a rischio di esondazione che potrà apparire forse spropositata ad una immediata lettura, ma che invece dovrà far scaturire una serie di attenzioni e di politiche di gestione del territorio.

### **7.2.1 II TORRENTE LUIO**

L'analisi idrologica del torrente Luio, il quale rappresenta per circa la metà del suo percorso il confine comunale con il comune di Alzano Lombardo, e con il quale condivide anche il bacino idrografico, è eseguita considerando lo sviluppo dell'asta principale del torrente, a partire dai Corni di Lonno e gli affluenti minori provenienti dal M.Ganda in destra orografica e dal M.Valtrusa in sinistra orografica.

Per il calcolo della portata di piena, in mancanza di misurazioni dirette di portata al colmo, si utilizzano varie formule, usualmente accettate per il dimensionamento delle opere idrauliche .

Si riassumono, nel seguito, le principali caratteristiche geometriche e idrologiche del bacino sotteso dalla sezione in esame.

- superficie sottesa	3	Kmq
- altitudine media del bacino	630	m.s.l.m.
- altitudine sezione di chiusura	284	m.s.l.m.
- lunghezza dell`asta principale del bacino	3.0	Km
- piovosità media annua	1600	mm
- numero medio giorni piovosi annui	88	
- curva di possibilità pluviometrica per $Tr = 00$		$h = 66.0 * t^{0.26}$
- coefficiente medio annuo di deflusso	0.60	

### **Formula di Gherardelli - Marchetti**

$$q_{\max} = q_{100} (S/100)^{-2/3} \quad \text{mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

dove :  $q_{100}$  = parametro dipendente da condizioni regionali;  
nel nostro caso è pari a  $2.5 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 25.89 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 78 \text{ mc}/\text{s}$$

### **Formula di Mongiardini**

$$q_{\max} = K \cdot c \cdot h \cdot (S/100) \quad \text{mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

dove:  $K$  = parametro dipendente da condizioni regionali;  
nel nostro caso è pari a 0.50

$c$  = coefficiente di deflusso medio annuo, pari a 0.60

$h$  = indice di piovosità, cioè la pioggia media nel giorno piovoso; nel bacino è stata registrata una precipitazione media annua di 1600 mm con una media di 88 giorni piovosi da cui  $h = 17.8 \text{ mm}/\text{giorno}$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 36.83 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 110 \text{ mc}/\text{s}$$

### **Formula di Forti**

$$500 \cdot b$$

$$q_{max} = a + \frac{b}{S + 125} \quad mc/(s \cdot Km^2)$$

dove: a e b sono coefficienti che dipendono dal regime pluviometrico della zona in esame e variano a seconda del massimo valore d'altezza di pioggia nelle 24 ore. Nel nostro caso la massima altezza di pioggia nelle 24 ore è pari a 196 mm per cui si assume:

$$a = 0.50$$

$$b = 2.35$$

$$q_{max} = \text{contributo specifico del bacino} = 9.68 \text{ mc}/(s \cdot Km^2)$$

$$Q_{max} = \text{portata di piena} = q_{max} \cdot S = 29 \text{ mc}/s$$

### Formula di Iskowski

$$q_{max} = a \cdot b \cdot \left( \frac{ha}{1000} \right) \quad mc/s \cdot Km^2$$

dove: a = coefficiente dipendente dalla superficie del bacino;  
nel nostro caso è pari a 9.78

b = coefficiente dipendente dall'altitudine, morfologia  
e caratteristiche di permeabilità del bacino  
nel nostro caso è pari a 0.460

$$ha = \text{precipitazione media annua sul bacino} = 1600 \text{ mm}$$

$$q_{max} = \text{contributo specifico del bacino} = 7.2 \text{ mc}/(s \cdot Km^2)$$

$$Q_{max} = \text{portata di piena} = q_{max} \cdot S = 22 \text{ mc}/s$$

### Formula di corrivazione

$$Q_{max} = c * k * \frac{h}{t_c} * S \quad \text{mc/s}$$

dove: c = coefficiente di deflusso medio annuo , pari a 0.60

k = coefficiente di laminazione, funzione della superficie del bacino ; nel nostro caso pari a 0.46

t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 * (S)^{0.5} + 1.5 * L}{0.8 * (H_m - H)^{0.5}} = \frac{4 * (3)^{0.5} + 1.5 * 3.00}{0.8 * (630.00 - 284.00)^{0.5}} = 0.77 \text{ ore}$$

h = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione t<sub>c</sub>; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene h = 62 mm

$$Q_{max} = \text{portata di piena} = 18 \text{ mc/s}$$

### Formula di Giandotti – Visentini

$$Q_{max} = \frac{278 * a * b * (h/1000)}{d * t_c} = \text{mc/s}$$

dove: a = rapporto fra il deflusso medio di piena e l'afflusso critico h; nel nostro caso è pari a 0.40

b = rapporto fra la portata al colmo e il deflusso medio di piena; nel nostro caso è pari a 8

d = rapporto tra la durata totale della piena e l'afflusso critico di durata  $t_c$ ; nel nostro caso è pari a 3.0

$t_c$  = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti pari a 0.77 ore

h = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ ; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene  $h = 62$  mm

$Q_{max}$  = portata di piena = 71 mc/s

### **Formula di Giandotti**

$$Q_{max} = \frac{a * S * (h/1000)}{0.8 * t_c} = mc/s$$

dove:  $a$  = coefficiente che nel nostro caso è pari a 166  
 $t_c$  = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di  
Giandotti pari a 0.77 ore

$h$  = afflusso critico per una durata pari al tempo di  
corrivazione  $t_c$ ; dalla curva di possibilità  
pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100  
anni si ottiene  $h = 62$  mm

$Q_{max}$  = portata di piena = 50 mc/s



Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti con le varie formule viste sopra; nella tabella sono anche riportati i contributi specifici di piena.

TABELLA: Valori delle portate di piena calcolati con varie formule.

<b>Formula</b>	<b>Portata di piena</b> ( mc/s )	<b>Contributo specifico</b> ( mc/(s*Kmq )
GHERARDELLI-MARCHETTI	78	25.89
MONGIARDINI	110	36.83
FORTI	29	9.68
ISKOWSKI	22	7.20
CORRIVAZIONE	18	6.15
GIANDOTTI-VISENTINI	71	23.79
GIANDOTTI	50	16.65

Per il dimensionamento delle opere si è adottata una portata di piena pari a:

$$Q_{max} = 40. \text{ mc/s}$$

## **7.2.2 IL TORRENTE CARSO**

Il torrente Carso è il più importante dei torrenti che scorrono nel comune di Nembro in cui gran parte del bacino idrografico sotteso appartiene al territorio comunale, a meno di una piccola parte condivisa con il Comune di Selvino.

Il ramo principale del torrente si sviluppa lungo la valle omonima iniziando dalle pendici meridionali del M. Podona. Sulla sinistra orografica si hanno due discreti affluenti in corrispondenza della valle Pendessi il cui sviluppo è prevalentemente nel territorio del comune di Selvino e della valle dei Fichi sopra l'abitato di Trevasco S.Vito.

Si riassumono, nel seguito, le principali caratteristiche geometriche e idrologiche del bacino sotteso dalla sezione in esame:

- superficie sottesa	7.4 Km <sup>2</sup>
- altitudine media del bacino	728 m.s.l.m.
- altitudine sezione di chiusura	300 m s.m.
- lunghezza dell'asta principale del bacino	4.6 Km
- piovosità media annua	1600 mm
- numero medio giorni piovosi annui	88
- curva di possibilità pluviometrica per Tr = 100	$h = 66.0 * t^{0.26}$
- coefficiente medio annuo di deflusso	0.60

### **Formula di Gherardelli - Marchetti**

$$q_{\max} = q_{100} (S/100)^{-(2/3)} \quad \text{mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

dove :  $q_{100}$  = parametro dipendente da condizioni regionali;  
nel nostro caso è pari a 2.0 mc/(s\*Kmq)

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 11.35 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 84 \text{ mc/s}$$

### **Formula di Mongiardini**

$$q_{\max} = K \cdot c \cdot h \cdot (S/100)^{-(2/3)} \quad \text{mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

dove:  $K$  = parametro dipendente da condizioni regionali;  
nel nostro caso è pari a 0.25

$c$  = coefficiente di deflusso medio annuo, pari a 0.60

$h$  = indice di piovosità, cioè la pioggia media nel giorno piovoso; nel bacino è stata registrata una precipitazione media annua di 1600 mm con una media di 88 giorni piovosi da cui  $h = 18.2 \text{ mm/giorno}$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 15.47 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 115 \text{ mc/s}$$

### **Formula di Forti**

$$q_{\max} = a + \frac{500 * b}{S + 125} \quad \text{mc/(s*Kmq)}$$

dove: a e b sono coefficienti che dipendono dal regime pluviometrico della zona in esame e variano a seconda del massimo valore d'altezza di pioggia nelle 24 ore. Nel nostro caso la massima altezza di pioggia già nelle 24 ore è pari a 196 mm per cui si assume:

$$a = 0.50$$

$$b = 2.35$$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 9.37 \text{ mc/(s*Kmq)}$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} * S = 69.4 \text{ mc/s}$$

### **Formula di Iskowski**

$$q_{\max} = a * b * (ha/1000.) \quad \text{mc/s * Kmq}$$

dove: a = coefficiente dipendente dalla superficie del bacino;  
nel nostro caso è pari a 9.29

b = coefficiente dipendente dall'altitudine, morfologia  
e caratteristiche di permeabilità del bacino  
nel nostro caso è pari a 0.650

$$ha = \text{precipitazione media annua sul bacino} = 1600 \text{ mm}$$

$q_{max} = \text{contributo specifico del bacino} = 9.66 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Km}^2)$

$Q_{max} = \text{portata di piena} = q_{max} \cdot S = 71 \text{ mc}/\text{s}$

### Formula di corrivazione

$$Q_{max} = c \cdot k \cdot \frac{h}{t_c} \cdot S \quad \text{mc}/\text{s}$$

dove:  $c$  = coefficiente di deflusso medio annuo , pari a 0.60

$k$  = coefficiente di laminazione, funzione della superficie del bacino ; nel nostro caso pari a 0.80

$t_c$  = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot (S)^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_m - H)^{0.5}} = \frac{4 \cdot (7.4)^{0.5} + 1.5 \cdot 4.6}{0.8 \cdot (728.00 - 300.00)^{0.5}} = 1.07 \text{ ore}$$

$h$  = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ ; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene  $h = 62 \text{ mm}$

$Q_{max} = \text{portata di piena} = 62 \text{ mc}/\text{s}$

### Formula di Giandotti – Visentini

$$Q_{\max} = \frac{278 * a * b * (h/1000)}{d * t_c} = \text{mc/s}$$

dove: a = rapporto fra il deflusso medio di piena e l'afflusso critico h; nel nostro caso è pari a 0.50

b = rapporto fra la portata al colmo e il deflusso medio di piena; nel nostro caso è pari a 0.10

d = rapporto tra la durata totale della piena e l'afflusso critico di durata  $t_c$ ; nel nostro caso è pari a 4.0

$t_c$  = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti pari a 1.07 ore

h = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ ; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene  $h = 67 \text{ mm}$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = 161 \text{ mc/s}$$

### **Formula di Giandotti**

$$Q_{\max} = \frac{a * S * (h/1000)}{0.8 * t_c} = \text{mc/s}$$

dove: a = coefficiente che nel nostro caso è pari a 166  
t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti pari a 1.07 ore

h = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione t<sub>c</sub>; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene h = 67 mm

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = 96 \text{ mc/s}$$

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti con le varie formule viste sopra; nella tabella sono anche riportati i contributi specifici di piena.

TABELLA: Valori delle portate di piena calcolati con varie formule.

<b>Formula</b>	<b>Portata di piena</b> ( mc/s )	<b>Contributo specifico</b> ( mc/(s*Kmq )
GHERARDELLI-MARCHETTI	84	11.35
MONGIARDINI	115	15.47
FORTI	69.4	9.37
ISKOWSKI	71	9.66
CORRIVAZIONE	62	8.35
GIANDOTTI-VISENTINI	161.3	21.75
GIANDOTTI	96	12.99

Per il dimensionamento delle opere si è adottata una portata di piena pari a:

$$Q_{max} = 90 \text{ mc/s}$$



### **7.2.3 IL TORRENTE LONZO**

Il torrente Lonzo è l'unico dei torrenti che scorrono nel comune di Nembro il cui bacino si trova completamente nel territorio comunale. Il bacino del Lonzo si sviluppa a partire dal M. Valtrusa e si sviluppa tra la località Piaio e l'area dello Zuccarello. Il corso del ruscello è tombinato nel tratto che attraversa il centro abitato fino alla confluenza con il Fiume Serio.

Per il calcolo della portata di piena, in mancanza di misurazioni dirette di portata al colmo, si utilizzano varie formule, usualmente accettate per il dimensionamento delle opere idrauliche.

Si riassumono, nel seguito, le principali caratteristiche geometriche e idrologiche del bacino sotteso dalla sezione in esame:

- superficie sottesa	1.3 Km <sup>2</sup>
- altitudine media del bacino	839 m.s.l.m.
- altitudine sezione di chiusura	306 m s.m.
- lunghezza dell'asta principale del bacino	2.0 Km
- piovosità media annua	1600 mm
- numero medio giorni piovosi annui	88
- curva di possibilità pluviometrica per Tr = 100	$h = 66.0 * t^{0.26}$
- coefficiente medio annuo di deflusso	0.60

### **Formula di Gherardelli - Marchetti**

$$q_{\max} = q_{100} (S/100)^{-(2/3)} \quad \text{mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

dove :  $q_{100}$  = parametro dipendente da condizioni regionali;  
nel nostro caso è pari a  $2.0 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 36.17 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 47 \text{ mc}/\text{s}$$

### **Formula di Mongiardini**

$$q_{\max} = K \cdot c \cdot h \cdot (S/100)^{-(2/3)} \quad \text{mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

dove:  $K$  = parametro dipendente da condizioni regionali;  
nel nostro caso è pari a  $0.25$

$c$  = coefficiente di deflusso medio annuo, pari a  $0.60$

$h$  = indice di piovosità, cioè la pioggia media nel  
giorno piovoso; nel bacino è stata registrata una  
precipitazione media annua di  $1600 \text{ mm}$  con una media  
di  $88$  giorni piovosi da cui  $h = 17.8 \text{ mm}/\text{giorno}$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 49.33 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 64 \text{ mc}/\text{s}$$

### **Formula di Forti**

$$q_{\max} = a + \frac{500 * b}{S + 125} \quad \text{mc/(s*Kmq)}$$

dove: a e b sono coefficienti che dipendono dal regime pluviometrico della zona in esame e variano a seconda del massimo valore d'altezza di pioggia nelle 24 ore. Nel nostro caso la massima altezza di pioggia già nelle 24 ore è pari a 196 mm per cui si assume:

$$a = 0.50$$

$$b = 2.35$$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 9.8 \text{ mc/(s*Kmq)}$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} * S = 13 \text{ mc/s}$$

### **Formula di Iskowski**

$$q_{\max} = a * b * (ha/1000.) \quad \text{mc/s * Kmq}$$

dove: a = coefficiente dipendente dalla superficie del bacino; nel nostro caso è pari a 9.97

b = coefficiente dipendente dall'altitudine, morfologia e caratteristiche di permeabilità del bacino nel nostro caso è pari a 0.6

ha = precipitazione media annua sul bacino = 1600 mm

$q_{max} = \text{contributo specifico del bacino} = 9.57 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Km}^2)$

$Q_{max} = \text{portata di piena} = q_{max} \cdot S = 12 \text{ mc/s}$

### Formula di corrivazione

$$Q_{max} = c \cdot k \cdot \frac{h}{t_c} \cdot S \quad \text{mc/s}$$

dove:  $c$  = coefficiente di deflusso medio annuo , pari a 0.60

$k$  = coefficiente di laminazione, funzione della superficie del bacino ; nel nostro caso pari a 1.1

$t_c$  = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot (S)^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_m - H)^{0.5}} = \frac{4 \cdot (1.3)^{0.5} + 1.5 \cdot 2.00}{0.8 \cdot (839.00 - 306.00)^{0.5}} = 0.41 \text{ ore}$$

$h$  = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ ; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene  $h = 62 \text{ mm}$

$Q_{max} = \text{portata di piena} = 30 \text{ mc/s}$

### Formula di Giandotti – Visentini

$$Q_{\max} = \frac{278 * a * b * (h/1000)}{d * t_c} = \text{mc/s}$$

dove: a = rapporto fra il deflusso medio di piena e l'afflusso critico h; nel nostro caso è pari a 0.50

b = rapporto fra la portata al colmo e il deflusso medio di piena; nel nostro caso è pari a 0.10

d = rapporto tra la durata totale della piena e l'afflusso critico di durata  $t_c$ ; nel nostro caso è pari a 4.0

$t_c$  = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti pari a 0.41 ore

h = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ ; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene  $h = 52 \text{ mm}$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = 58 \text{ mc/s}$$

### **Formula di Giandotti**

$$Q_{\max} = \frac{a * S * (h/1000)}{0.8 * t_c} = \text{mc/s}$$

dove: a = coefficiente che nel nostro caso è pari a 166  
t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti pari a 0.41 ore

h = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione t<sub>c</sub>; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene h = 52 mm

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = 34 \text{ mc/s}$$

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti con le varie formule viste sopra; nella tabella sono anche riportati i contributi specifici di piena.

TABELLA: Valori delle portate di piena calcolati con varie formule.

<b>Formula</b>	<b>Portata di piena ( mc/s )</b>	<b>Contributo specifico ( mc/(s*Kmq )</b>
GHERARDELLI-MARCHETTI	47	36.17
MONGIARDINI	64	49.33
FORTI	13	9.80
ISKOWSKI	12	9.57
CORRIVAZIONE	30	23.43
GIANDOTTI-VISENTINI	58	44.42
GIANDOTTI	34	26.52

Per il dimensionamento delle opere si è adottata una portata di piena pari a:

$$Q_{max} = 36 \text{ mc/s}$$

#### **7.2.4 IL TORRENTE GAVARNIA**

Il torrente Gavarnia ha un pattern fluviale asimmetrico con uno sviluppo prevalente sul fianco orografico destro. Il bacino inizia dalle Bocche del Gavarno in comune di Scanzorosciate e solo nel tratto finale, cioè alla confluenza con il fiume Serio, interessa il comune di Nembro.

Per il calcolo della portata di piena, in mancanza di misurazioni dirette di portata al colmo, si utilizzano varie formule, usualmente accettate per il dimensionamento delle opere idrauliche.

Si riassumono, nel seguito, le principali caratteristiche geometriche e idrologiche del bacino sotteso dalla sezione in esame:

- superficie sottesa	5.7 Km <sup>2</sup>
- altitudine media del bacino	661 m.s.l.m.
- altitudine sezione di chiusura	298 m s.m.
- lunghezza dell'asta principale del bacino	4.73 Km
- piovosità media annua	1600 mm
- numero medio giorni piovosi annui	88
- curva di possibilità pluviometrica per Tr = 100	$h = 66.0 * t^{0.26}$
- coefficiente medio annuo di deflusso	0.60



### **Formula di Gherardelli - Marchetti**

$$q_{\max} = q_{100} (S/100)^{-(2/3)} \quad \text{mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

dove :  $q_{100}$  = parametro dipendente da condizioni regionali;  
nel nostro caso è pari a  $2.0 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 13.5 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 77 \text{ mc}/\text{s}$$

### **Formula di Mongiardini**

$$q_{\max} = K \cdot c \cdot h \cdot (S/100) \quad \text{mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

dove:  $K$  = parametro dipendente da condizioni regionali;  
nel nostro caso è pari a  $0.25$

$c$  = coefficiente di deflusso medio annuo, pari a  $0.60$

$h$  = indice di piovosità, cioè la pioggia media nel giorno piovoso; nel bacino è stata registrata una precipitazione media annua di  $1600 \text{ mm}$  con una media di  $88$  giorni piovosi da cui  $h = 17.8 \text{ mm}/\text{giorno}$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 18.41 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 105 \text{ mc}/\text{s}$$

### **Formula di Forti**

$$q_{\max} = a + \frac{500 * b}{S + 125} \quad \text{mc/(s*Kmq)}$$

dove: a e b sono coefficienti che dipendono dal regime pluviometrico della zona in esame e variano a seconda del massimo valore d'altezza di pioggia nelle 24 ore. Nel nostro caso la massima altezza di pioggia già nelle 24 ore è pari a 196 mm per cui si assume:

$$a = 0.50$$

$$b = 2.35$$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 9.49 \text{ mc/(s*Kmq)}$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} * S = 54 \text{ mc/s}$$

### **Formula di Iskowski**

$$q_{\max} = a * b * (ha/1000.) \quad \text{mc/s * Kmq}$$

dove: a = coefficiente dipendente dalla superficie del bacino;  
nel nostro caso è pari a 9.78

b = coefficiente dipendente dall'altitudine, morfologia  
e caratteristiche di permeabilità del bacino  
nel nostro caso è pari a 0.7

$$ha = \text{precipitazione media annua sul bacino} = 1600 \text{ mm}$$

$$q_{\max} = \text{contributo specifico del bacino} = 10.62 \text{ mc}/(\text{s} \cdot \text{Kmq})$$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = q_{\max} \cdot S = 61 \text{ mc/s}$$

### Formula di corrivazione

$$Q_{\max} = c \cdot k \cdot \frac{h}{t_c} \cdot S \quad \text{mc/s}$$

dove:  $c$  = coefficiente di deflusso medio annuo , pari a 0.60

$k$  = coefficiente di laminazione, funzione della superficie del bacino ; nel nostro caso pari a 0.46

$t_c$  = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot (S)^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_m - H)^{0.5}} = \frac{4 \cdot (5.7)^{0.5} + 1.5 \cdot 4.73}{0.8 \cdot (661.00 - 298.00)^{0.5}} = 1.09 \text{ ore}$$

$h$  = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ ; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene  $h = 68 \text{ mm}$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = 27 \text{ mc/s}$$

### Formula di Giandotti – Visentini

$$Q_{\max} = \frac{278 * a * b * (h/1000)}{d * t_c} = \text{mc/s}$$

dove: a = rapporto fra il deflusso medio di piena e l'afflusso critico h; nel nostro caso è pari a 0.50

b = rapporto fra la portata al colmo e il deflusso medio di piena; nel nostro caso è pari a 0.10

d = rapporto tra la durata totale della piena e l'afflusso critico di durata  $t_c$ ; nel nostro caso è pari a 4.0

$t_c$  = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti pari a 1.09 ore

h = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ ; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene  $h = 68 \text{ mm}$

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = 122 \text{ mc/s}$$

### **Formula di Giandotti**

$$Q_{\max} = \frac{a * S * (h/1000)}{0.8 * t_c} = \text{mc/s}$$

dove: a = coefficiente che nel nostro caso è pari a 166  
t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione calcolato secondo la formula di Giandotti pari a 1.09 ore

h = afflusso critico per una durata pari al tempo di corrivazione t<sub>c</sub>; dalla curva di possibilità pluviometrica associata al tempo di ritorno di 100 anni si ottiene h = 68 mm

$$Q_{\max} = \text{portata di piena} = 73 \text{ mc/s}$$

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti con le varie formule viste sopra; nella tabella sono anche riportati i contributi specifici di piena.

TABELLA: Valori delle portate di piena calcolati con varie formule.

<b>Formula</b>	<b>Portata di piena ( mc/s )</b>	<b>Contributo specifico ( mc/(s*Kmq )</b>
GHERARDELLI-MARCHETTI	77	13.50
MONGIARDINI	105	18.41
FORTI	54	9.49
ISKOWSKI	61	10.62
CORRIVAZIONE	27	4.74
GIANDOTTI-VISENTINI	122	21.49
GIANDOTTI	73	12.83

Per il dimensionamento delle opere si è adottata una portata di piena pari a:

$$Q_{max} = 75 \text{ mc/s}$$

## **8.0 CARTA IDROGEOLOGICA**

### **8.1 PREMESSA**

E' utile osservare che nella Carta Idrogeologica (Tavv. 4a e 4b) si riporta la distribuzione delle sorgenti principali del Comune, associata alla rete di distribuzione principale.

Vista l'importanza di tale risorsa, nella carta del Rischio Geologico (Tavv. 8a e 8b) e nella Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (Tavv. 10a ÷ 10f) è stata prevista una congrua area di rispetto delle sorgenti più importanti, anche se, come si può notare dalla cartografia di sintesi (Tavv. 9a e 9b), l'area circostante i punti di captazione è già purtroppo in molti casi gravemente urbanizzata.

### **8.2 CARATTERISTICHE GENERALI DELLA CARTA**

Nella carta si riportano:

- l'ubicazione di tutte le sorgenti captate con differenziazione dei valori di portata
- l'ubicazione delle sorgenti non sfruttate con differenziazioni dei valori di portata

- l'ubicazione dei serbatoi di accumulo e dei pozzi per uso idropotabile
- la derivazione per uso agricolo e industriale
- le opere di regimazione idraulica (briglie)
- le difese sponali (argini, pannelli, ecc.)
- i canali di superficie e sotterranei
- la rete acquedottistica

La carta idrologica riporta i valori di permeabilità del substrato roccioso, ove affiorante, e dei depositi superficiali.

Si può immediatamente notare come i rilievi montuosi della Corna Bianca, del M. Podona e del M. Cereto siano caratterizzati in genere da rocce con valori di buona permeabilità secondaria (Dolomia Principale e Zonata), mentre gli altri rilievi come il M. Valtrusa, il Pizzo di Lonno e il M. Ganda presentano valori di permeabilità da media a bassa.

I depositi di versante e soprattutto le alluvioni terrazzate del Fiume Serio e di fondovalle presentano valori di permeabilità in genere abbastanza elevati.

Nella carta idrologica sono riportati inoltre i corsi d'acqua naturali a regime perenne come i torrenti Carso, Luio, Lonzo e Gavarnia e numerosi corsi d'acqua secondari dipendenti a regime stagionale che alimentano i soprascritti. Nella carta sono inoltre rappresentate le principali sorgenti



captate a fini idropotabili ed il sistema di accumulo (serbatoi) e distribuzione (acquedotto) all'utenza.

Le sorgenti sono ubicate nei pressi della valle del Luio, nella valle della Nesa, a Trevasco S.Vito e Trevasco S.Trinità (valle del Carso)

Sul territorio comunale di Nembro sono inoltre presenti pozzi di consorzio acquedottistico (Consorzio A.I.S.S.) lungo i terrazzi del Fiume Serio. Da segnalare anche la presenza di rogge di derivazione dal Fiume Serio, quali la Morlana e la Seriola e opere di regimazione idraulica varie, principalmente dislocate lungo il Serio stesso.

### **8.3 – LE SORGENTI**

Il presente lavoro riassume i contenuti di quello più generale presentato alla A.S.L n° 10 (ex U.S.S.L n° 26) e riguardante la razionalizzazione e la gestione delle risorse idriche del territorio comunitario. Nell'intento di fare cosa gradita al comune si è pensato di stralciare dal suddetto lavoro gli elementi più significativi.

L'elaborato presentato è composto dalla presente relazione riassuntiva, dalla documentazione cartografica, dalle schede relative alle singole sorgenti ed ai sistemi distributivi, che costituiscono il risultato dell'informatizzazione dei dati. Ulteriori e più approfondite informazioni,

potranno essere acquisite dalla consultazione della documentazione consegnata all' A.S.L. N° 10.

### **Punti di approvvigionamento**

Nel comune di Nembro si hanno uno scarso numero di captazioni con una portata media complessiva non superiore ai 10 l/s, ed è indicativa della assenza di strutture idrogeologiche significative. Occorre inoltre osservare, che la presenza di opere di captazione comporta anche un impegno di energie umane ed economiche per l'ordinaria manutenzione indispensabile per assicurare una adeguata protezione igienico-sanitaria.

Le captazioni totali sono 3 così definite:

- Sorgente posta sotto Salmezza, in alta valle della Nesa, da cui parte l'adduzione che passa per Lonno, per poi scendere a Nembro passando sopra Botta e S.Pietro.
- L'adduzione di Trevasco S.Vito che collega anche Trevasco S:Trinità per poi alimentare la rete cittadina.
- ~~La sorgente sopra la frazione di S.Faustino che si collega alla rete che corre parallelamente all'argine del fiume Serio.~~
- Le frazioni poste in collina quali Lonno, Trevasco S.Vito e Trevasco S.Trinità hanno disponibilità in loco più che sufficienti a soddisfare le richieste anche di punta. La frazione di Gavarno Rinnovata ricorre alla interconnessione con la rete del consorzio A.I.S.S. Serio. Per quanto

riguarda il comune nel suo complesso, i quantitativi addotti dalle sorgenti soddisfano le richieste per circa il 25 %, mentre l'A.M.A.C. e l'A.I.S.S. Serio soddisfano le richieste rispettivamente per il 18% e 56% rispettivamente.

## **9.0 – CAPACITA' D'USO DEI SUOLI**

La Capacità d'Uso dei Suoli, è una delle principali applicazioni delle Caratteristiche Pedologiche del suolo e la sua finalità è quella proprio *"di fornire una serie di indicazioni facilmente comprensibili ai fini di una corretta programmazione territoriale"*, identificando i suoli agronomicamente più pregiati.

Per questo secondo la già citata *"Land Capability"*, i suoli sono vengono distinti in classi e in sottoclassi in base a precisi parametri che tengono conto, tra gli altri, della profondità del suolo, della tessitura superficiale, della pietrosità, della fertilità, del rischio di inondazione, delle limitazioni climatiche.

### **Suoli di I Classe**

Nel territorio del comune di Nembro non sono presenti suoli di I classe.

### **Suoli di II Classe**

Idem per i suoli di seconda classe.

### **Suoli di III Classe**

Idem per i suoli di terza classe.

### **Suoli di IV Classe**

Si tratta di suoli con limitazioni colturali e richiedono una gestione accurata. Possono essere ricondotti a questa classe le aree di fondovalle del Torrente Gavarnia, la parte terminale della valle del Luio e la fascia di raccordo tra il fondovalle del Torrente Carso e le pendici del M. Cereto.

### **Suoli di V Classe**

Nel territorio del comune di Nembro non sono presenti suoli di V classe

### **Suoli di VI Classe**

Sono da ricondurre alla VI Classe i suoli presenti in prossimità della fascia collinare sopra la frazione di Gavarno, che pur presentando buone

caratteristiche pedologiche hanno un suolo di profondità limitata e possono essere soggette a moderato rischio erosivo.

### **Suoli di VII Classe**

Rientrano in questa classe i depositi di versante di tipo eluviale o colluviale che se pur sottili ricoprono il substrato roccioso consentendo, ove la pendenza non raggiunge valori rilevanti, l'uso di pratiche agronomiche (prati e pascoli), si tratta di suoli a forte rischio presenti in tutta l'area montuosa del comune.

### **Suoli di VIII classe**

Rientrano in questa classe, i suoli dei greti attivi dei corsi d'acqua e tutte le aree con roccia affiorante o subaffiorante. Si tratta di suoli molto sottili, soggetti a forte rischio erosivo. Sono da ricondurre all'ottava classe, le creste dei Corni di Lonno e parte della Corna Piatta, nonché il greto di tutti i torrenti del territorio comunale.

## **10.0 - CARTA DELL'USO DEL SUOLO AD ORIENTAMENTO VEGETAZIONALE**

La carta dell'uso del suolo ad orientamento vegetazionale non è prevista dalla Legge Regionale 41/97 e ciò anche per non travalicare le competenze proprie degli agronomi e dei forestali, disponendo però di tale prodotto dal progetto di Cartografia Geoambientale di cui la G.E.A. s.n.c. è stata ufficialmente incaricata dalla Regione Lombardia, Comunità Montana della Valle Seriana e Provincia di Bergamo, considerando che lo stesso è stato redatto per conto della G.E.A. da esperti del settore, considerando infine che tale rilevamento è stato positivamente collaudato dai funzionari della Regione Lombardia, si è ritenuto che lo stesso potesse costituire un utile supporto informativo anche per tutti i risvolti vincolistici che la presenza della vegetazione comporta sul territorio.

La carta rappresenta la vegetazione secondo classi e unità chiaramente esplicitate in legenda. La carta dell'uso del suolo ad orientamento vegetazionale ha la funzione di illustrare due tematismi diversi ma strettamente correlati tra loro: gli usi antropici del suolo e la copertura vegetale presente. L'elaborazione della carta richiede obbligatoriamente il rilevamento di dettaglio sul terreno, che può essere preceduto e integrato da una analisi fotointerpretativa. Il documento deve fornire diverse

indicazioni necessarie per l'elaborazione delle carte derivate, pertanto deve indicare:

- le classi principali di uso del suolo: aree coltivate (seminativi e legnose agrarie), prati e pascoli, aree con vegetazione naturale incolta, aree urbanizzate, aree sterili.
- Eventuali ulteriori specificazioni utili per meglio qualificare le informazioni fondamentali. Esse riguardano notizie di maggior dettaglio, da indicarsi qualora risultino essere significative nel contesto ambientale. Ad esempio sono rilevanti quegli elementi che per l'estensione o per la frequenza con cui si ripetono nel territorio costituiscono un elemento caratterizzante un determinato "tipo" di paesaggio.
- Il grado di naturalità della vegetazione. La carta indica le definizioni del grado di naturalità della vegetazione da effettuarsi durante il rilevamento di campagna per le singole unità cartografiche. Questa valutazione è importante per l'elaborazione delle successive carte delle rilevanze naturalistiche e paesaggistiche, del degrado ambientale e delle attitudini d'uso del suolo.
- Il grado di protezione della copertura vegetale nei confronti dell'azione battente delle precipitazioni e dell'azione dilavante delle acque di ruscellamento. E' riportata la metodologia per tale duplice valutazione

che fornisce importanti indicazioni da tenere in attenta considerazione nella elaborazione delle carte del rischio idrogeologico e del degrado ambientale. Sulla carta dell'uso del suolo ad orientamento vegetazionale e limitatamente alle sole classi boschi, vegetazione naturale incolta, prati, pascoli e legnose agrarie, le lettere alfabetiche che distinguono le singole sottoclassi devono essere accompagnate da tre codici numerici, ciascuno variabile da 0 a 4, indicanti, rispettivamente, il grado di naturalità, il grado di protezione dell'acqua battente e il grado di protezione dell'acqua dilavante. Benchè si tratti evidentemente di valutazioni non puntuali, nel caso in cui nell'ambito di un'area omogenea, in quanto a sottoclasse, fossero identificabili evidenti variazioni di almeno uno dei tre codici numerici (es. Bosco che da fitto diventa rado), si deve procedere ad una suddivisione, mediante linea a tratteggio, dell'area omogenea, ripetendo in ogni subarea l'identica lettera caratterizzante la sottoclasse con i tre codici numerici opportunamente variati.



## **11.0 - CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO**

La latitanza della Pubblica Amministrazione nel campo della prevenzione delle calamità che abbiano concause geologiche e geotecniche emerge puntualmente e genera una sia pure effimera ondata di interesse, specie a livello giornalistico, in occasione di catastrofi, purtroppo frequenti nel nostro paese, dovute a dissesti idrogeologici o a fenomeni sismici.

Prima di iniziare la descrizione della Carta del Rischio Geologico del territorio amministrativo del Comune di Nembro, voglio evidenziare alcune note che riportano gli eventi catastrofici che nel passato hanno interessato il Comune di Nembro e le aree limitrofe della Valle Seriana.

Ciò per illustrare come trovi giustificazione la dimensione delle aree soggette a rischio geologico che ad una prima e superficiale visione possono risultare esagerate rispetto alla situazione in atto.

L'indagine retrospettiva riguardante gli eventi del passato ha messo in luce che *durante la stagione estiva la bassa Valle Seriana è ricorrentemente interessata da violenti nubifragi che spesso provocano alluvionamenti e frane.*

Le notizie che vengono qui di seguito riportate fanno riferimento al lavoro condotto dai Proff. Mario Govi e Giovanni Mortara nel lavoro pubblicato sul

Bollettino della Associazione Mineraria Subalpina, anno XVIII n.1-2 Marzo  
Giugno 1981.

Le note sugli eventi del passato citano che la Regia Strada di Val Seriana,  
nel **settembre 1842** venne interrotta presso Comenduno per la piena del  
Rio Valle Isla; il **17 luglio del 1932** il T. Rovaro straripò a Gazzaniga  
allagando tratti di campagna e interrompendo sia la strada provinciale che  
la linea ferroviaria.

Sempre nello stesso periodo si produssero sensibili danni nel comune di  
Albino per **allagamenti prodotti dai torrenti Albina e Re**.

Un anno più tardi un violento nubifragio si scatenò a monte di Albino ove si  
verificarono alcune frane presso la frazione di Bondo Petello.

Nell'**agosto del 1934** il maltempo interessò i comuni in sponda sinistra del  
Serio; piogge intense caddero tra Abbazia e Vall'Alta provocando la **piena  
del T. Luio** che alluvionò i terreni presso la frazione Molinello di Albino.

Nel pomeriggio del giorno **16 Giugno 1936** un improvviso nubifragio  
centrato sul M. Misma si manifestò per circa 1 ora nella zona compresa tra  
Nembro, Albino, Cene, Pradalunga: diverse case della parte bassa di  
Albino vennero allagate.

Il **12 giugno 1937** una grossa frana precipitata della scarpata dell'alto  
terrazzo di Casnigo, ostruì l'alveo del F. Serio investendo due centraline  
dell'Enel e causando al morte di due persone; l'accumulo sul fondovalle,

valutato in circa 150.000 mc determinò la formazione di un invaso temporaneo che si estendeva a monte per circa 1 Km.

Il 3-4-5 Settembre del 1939 allagamenti diffusi e frane si verificarono in comune di Albino dove strariparono il T. Albina ed il F. Serio.

Il giorno 10 giugno 1954 si ripeterono ancora fenomeni di piena dei T. Luio e Albina.

Il 17 Settembre 1960 per lo straripamento del canale Honneger si ebbe l'allagamento della campagna circostante, ed anche ad Albino vennero segnalati allagamenti dell'abitato.

Nel 1976 il Rio Brandena esondò con tragiche conseguenze per gli abitanti; oltre a questo dissesto altre situazioni di frana e esondazione si verificarono in tutto il territorio di Albino.

La descrizione dei fenomeni sopra indicati vuole solo evidenziare come sia facilmente ripetibile l'evento meteorico e come le conseguenze siano state spesso disastrose.

Se si tiene conto della situazione attuale del territorio (intensa urbanizzazione, abbandono della montagna, mancanza di interventi di manutenzione ai principali corsi d'acqua per mancanza di fondi), ci si può rendere conto come la situazione, a fronte di un evento meteorico eccezionale, potrebbe ripresentarsi con estrema gravità.

Per entrare nel dettaglio della carta denominata "Rischio idrogeologico" si può notare come la stessa evidenzi aree a rischio geologico con diverse valenze e tipologie di rischio.

Le classi di rischio individuate fanno riferimento alla medesima carta prodotta nel progetto di cartografia geoambientale per conto della Comunità Montana di Albino e pertanto ai contenuti del Capitolato Regionale che sostiene il suddetto lavoro.

Le informazioni già note sono state successivamente riverificate mediante controlli puntuali in sito e calcoli idraulici per le aree esondabili; i calcoli e le valutazioni conseguenti meriterebbero tuttavia un maggior approfondimento che, come vedremo, non può essere oggetto del presente lavoro.

Le **classi di rischio** individuate sono:

- ✧ Aree Franose
- ✧ Aree soggette a movimento lento del suolo
- ✧ Aree con copertura detritica o terrigena in condizioni di equilibrio limite
- ✧ Aree soggette a caduta massi con relativa fascia d'interferenza
- ✧ Aree con presenza di erosioni a rivoli
- ✧ Rischio di occlusione d'alveo
- ✧ Corsi d'acqua instabili in erosione laterale attiva o con intensi fenomeni

erosivi di fondo

- ✧ Aree potenzialmente allagabili e alluvionabili
- ✧ Aree ad elevata vulnerabilità per le risorse idriche.

#### **Aree franose**

Le aree franose sono state riscontrate in località Valle Luio, in sinistra orografica della valle stessa, nella valle a fianco del Santuario dello Zuccarello e zone limitrofe. Coinvolgono una superficie abbastanza grande di territorio e si manifestano come colate di materiale regolitico derivante dall'alterazione delle rocce argilloscistose.

#### **Aree soggette a movimento lento del suolo**

Sono aree variamente diffuse sul territorio ma in special modo sempre nella valle del Luio; si tratta di aree di limitata estensione che normalmente sono associate alla profondità della copertura eluviale, alla pendenza dei versanti ed alla presenza di acqua di circolazione sotterranea o di ruscellamento superficiale. Dipendono comunque dalla natura argilloscistosa del substrato coinvolto nel fenomeno.

#### **Aree con copertura terrigena o detritica in condizioni di equilibrio limite**

Le suddette aree sono prevalentemente diffuse sulle fasce detritiche sia attive che colonizzate associate ai fenomeni precedentemente elencati. In

particolare tali fenomeni sono evidenti nella valle del Luio in sponda orografica destra e in maniera meno evidente sopra l'abitato di Gavarno; sono anche indicate le situazioni in cui il potente spessore della coltre eluviale si associa ad una forte pendenza del versante (>25 gradi).

Queste aree non sono in movimento ma presentano situazioni di rischio geologico potenziale, nel senso che interventi scorretti possono indurre l'innescò di processi irreversibili di degrado e fenomeni erosivi di una certa entità.

#### **Aree soggette a caduta massi**

L'area più significativa si colloca a ridosso della strada Provinciale per Clusone, tra la fine dell'agglomerato urbano di Nembro (quartiere di S.Faustino) e l'inizio del comune di Albino. Si tratta di un versante costituito da formazioni calcaree stratificate e fratturate che possono in qualsiasi momento dar luogo a distacchi di masse rocciose.

I blocchi di roccia, a causa della intima struttura della roccia, non sono mai di dimensioni gigantesche, ma possono ugualmente arrecare grave danno alle persone ed alle cose.

Si può notare infatti come il tratto sopra citato sia in più parti interessato da una fitta boscaglia che ha la funzione naturale di trattenere il detrito che si stacca da monte.

### **Aree con presenza di erosioni a rivoli**

Si tratta di aree in cui il cattivo drenaggio superficiale provoca una serie di erosioni superficiali che si manifestano sotto forma di rivoli paralleli che innescano fenomeni erosivi.

### **Corsi d'acqua instabili in erosione laterale attiva con processi erosivi di fondo**

Si tratta di vallecole in erosione accelerata che possono dare luogo nei punti di sbocco a violenti fenomeni esondativi ed erosivi (vedi citazioni in premessa).

Fra questi rientrano la Gavarnia, il Carso e il Lonzo, torrenti caratterizzati da un bacino di dimensioni discrete ma caratterizzati da un basso tempo di corrivazione e, di conseguenza, soggetti a brusche variazioni di portata, soprattutto in risposta a fenomeni piovosi intensi e improvvisi.

### **Aree potenzialmente allagabili e/o alluvionabili**

Si tratta delle aree collocate in prossimità dei principali corsi d'acqua (F. Serio, Valle Luio, Valle del Carso e Valle della Gavarnia) che presentano o che hanno presentato situazioni di criticità per gli effetti che possono subire a seguito di situazioni particolari, quali precipitazioni brevi ed intense che possono provocare ondate di piena rilevanti.

Per la definizione delle suddette aree che possono apparire ad un primo esame troppo grandi, ci si è avvalsi anche di calcoli eseguiti su sezioni tipo, caratteristiche della situazione in atto; tali sezioni sono però state derivate solo dalla cartografia di base e scontano perciò, riteniamo in difetto, alcuni errori interpretativi a livello topografico.

Come vedremo più avanti, sarebbe auspicabile uno studio dettagliato a livello topografico e a livello idraulico per meglio definire la dimensione reale della situazione in atto.

Pare comunque che analisi più puntuali non dovrebbero discostarsi più di tanto dalla situazione già evidenziata, che ha fatto riferimento anche agli studi prodotti dal Prof.Ing. Paoletti del Politecnico di Milano nelle indagini di supporto al Piano Territoriale Provinciale.

Pare preoccupante evidenziare come nell'area individuata si riconosca la presenza di numerosi insediamenti industriali, artigianali e di civile abitazione.

### **Aree ad elevata vulnerabilità per le risorse idriche**

Spicca fra queste l'area sita in prossimità di Trevasco S.Vito e le sorgenti sopra S.Faustino. Non si tratta di un vero e proprio rischio geologico inteso come pericolo per l'incolumità diretta delle persone, ma è chiaro che l'immissione nel suolo di sostanze pericolose o la compromissione delle



falde idriche hanno lo stesso significato e la stessa valenza economica sociale.

### **Occlusioni d'alveo**

Il rischio connesso al verificarsi di questo tipo di eventi è dipendente da due fattori concomitanti, il verificarsi di piogge brevi e intense e lo stato di pulizia e manutenzione degli alvei fluviali o di vallecole a carattere soprattutto periodico. I corsi d'acqua soggetti a questo rischio sono tutti quelli che hanno una parziale tombinatura in corrispondenza dei centri abitati o degli attraversamenti stradali. Nel paese di Nembro sono soggetti a questo rischio le tombinature in corrispondenza di via Puccini, via dei Vitalba e via dello Zuccarello. Nell'abitato di Gavarno sono soggette a questo rischio Via dei Barzini, via S. Antonio e la strada provinciale n. 65, anche se i relativi impluvi sono di lunghezza limitata.

### **Aree miste**

Sono state anche indicate in carta una serie di situazioni in cui i fenomeni di rischio sopra indicati si presentano associati e si ha pertanto una situazione di criticità a doppio significato: compaiono infatti aree soggette a creeping associate ad aree con copertura detritica al limite della stabilità e aree soggette a caduta massi associate alla vulnerabilità della falda

idrica ed al rischio potenziale dovuto alla presenza di coltri detritiche instabili.

## **12.0 – CARTA DI SINTESI**

La carta di sintesi è redatta su tutto il territorio alla scala 1:5000 e contiene gli elementi più significativi evidenziati nella fase di analisi. La carta potrà servire quale documento di lavoro per gli scopi del piano e fornire un quadro sintetico dello stato del territorio al fine di procedere a valutazioni diagnostiche.

Nella carta sono evidenziati:

i fenomeni geomorfologici attivi e potenzialmente riattivabili (quiescenti), quali frane, erosioni, fenomeni di trasporto in massa lungo gli alvei, alluvionamenti e sovralluvionamenti, zone di pertinenza idraulica, aree di esondazione e espandimento con trasporto solido con particolare attenzione alle conoidi, punti critici per degrado o inadeguatezza delle opere idrauliche.

Le aree interessate da vulnerabilità idrogeologica per elevata permeabilità superficiale e con buona tramissività. Le fasce di rispetto dei punti di captazione d'acqua (sorgenti e pozzi), nonché l'eventuale presenza di scarichi incontrollati.

Le aree di interesse scientifico naturalistico dal punto di vista geologico e geomorfologico.

Sono inoltre indicate le aree con presunte qualità scadenti sia in termini geomeccanici che geotecnici. Sono altresì indicati eventuali vincoli di

natura fisico-ambientale e antropica (vincoli idrogeologici, distanze dai corsi d'acqua Legge 431/1985 e Legge 523/1904 e vincoli Legge 1497/1939. Sono altresì rispettati i recenti vincoli e variazioni imposti dal piano P.A.I. della Autorità di bacino del Fiume Po secondo la Legge 18 maggio 1989 e successive).

Nella tavola allegata per non appesantire ulteriormente la simbologia sono stati unificati alcune tipologie di fenomeni quali quelli di origine geologica legate alla gravità: piccoli fenomeni franosi, aree in soliflusso, fenomeni di creep e caduta massi in quanto già esplicitati nella carta del rischio idrogeologico. Sono poi indicati i fenomeni di erosione degli argini del Fiume Serio ampiamente documentate nelle fotografie allegate, nonché le aree di rischio relativi ai corsi d'acqua minori (Luio, Lonzo, Carso).

Sono altresì indicati tutti i punti di rischio d'occlusione d'alveo, sia in corrispondenza dell'inizio dei tratti tonbinati dei torrenti (Via Lonzo, Via Zuccarello, Via dei Vitalba ) e gli attraversamenti stradali principali (Gavarnia e SP 65).

Sono indicate le fasce di rispetto di 150 m per il Fiume Serio ai sensi della Legge "Galasso" e quella di 10 m per i corsi d'acqua minori quali Carso, Lonzo, Luio e Gavarnia (Legge 523/24).

Il vincolo Pai secondo quanto proposto dall'Amministrazione Comunale.

### **13.0 - INDICAZIONI SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**

In considerazione dell'estensione del territorio comunale di Nembro e della presenza di numerose aree che presentano nuove destinazioni d'uso o completamenti di situazioni preesistenti, la Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (Tavv. 10a ÷ 10f) è stata redatta alla scala 1:2.000 per l'area urbana e 1:5000 per la parte collinare-montuosa.

La carta è stata desunta dalla valutazione analitica e incrociata degli elementi contenuti nelle carte precedentemente descritte, alle quali si aggiungono altre carte delle quali si dispone ma che non sono state inserite nel presente lavoro (carta clivometrica, carta dell'uso del suolo, carta delle rilevanze ambientali, ecc.).

L'esame dei suddetti fattori ha consentito di sviluppare un processo diagnostico che ha permesso di zonizzare l'intero territorio comunale e di formulare proposte operative sulla base delle classi di fattibilità geologica di appartenenza.

Pertanto, non essendo limitata la carta alle sole aree interessate dalle nuove azioni di piano, ma comprendendo essa stessa l'intero territorio comunale, si è voluto attivare e proporre una nuova politica di gestione del territorio che, pur all'interno di un modello di sviluppo consolidato,

consenta di operare correttamente su di esso e di attivare tutti gli interventi necessari per il recupero di situazioni già compromesse.

La classificazione adottata fornisce inoltre utili indicazioni in ordine alla destinazione d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, ed infine alle opere necessarie per la riduzione ed il controllo del rischio geologico ed idrogeologico.

Seguendo le indicazioni riportate nei criteri sono state individuate dal punto di vista delle condizioni e delle situazioni geologiche **quattro classi di fattibilità** che sono riconoscibili per numero e colore sulle Carte che costituiscono parte integrante del presente lavoro.

## **CLASSE I - FATTIBILITA' SENZA LIMITAZIONI**

In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico e urbanistico o alla modifica di destinazione d'uso delle parcelle.

La classe I infatti comprende aree generalmente pianeggianti o subpianeggianti con buone caratteristiche geotecniche dei terreni e non interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico.

La presenza della falda idrica è inoltre tale da non interferire con il suolo o con gli strati più superficiali del sottosuolo.

Indicata con colore verde sulla cartografia, comprende buona parte del centro abitato di Nembro ed alcune porzioni di territorio subpianeggiante della frazione di Gavarno.

## **CLASSE II - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI**

In questa area ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di bonifica.

La classe II comprende infatti le aree maggiormente acclivi (con inclinazione superiore ai 20 gradi) con discrete caratteristiche geologico tecniche sia dei terreni superficiali che delle rocce.

Possono essere presenti modesti fenomeni di dissesto, come piccole frane superficiali o crolli localizzati o fenomeni alluvionali di scarso rilievo.

Nelle aree pianeggianti possono sussistere modesti problemi di carattere idrogeologico o geotecnico per le scarse caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione.

Ricadono in questa categoria vaste porzioni di territorio, che nel caso specifico rappresentano la fascia precollinare, parte dei depositi alluvionali del Fiume Serio e parte delle frazioni di Gavarno e di Lonno.

Le classi di fattibilità II sono indicate in cartografia con il colore giallo.

### **Interventi**

Si ritiene che per tutte le aree II situate in ambiente montano collinare e sulle quali è prevista una modificazione della destinazione d'uso o la costruzione di nuovi insediamenti, *debbano essere prodotte indagini geologiche-geotecniche.*

Tali indagini dovranno evidenziare, sulla base della tipologia d'intervento i mutui rapporti con la geologia e la geomorfologia, i sistemi di controllo e drenaggio delle acque superficiali, tenendo particolarmente conto dei dati di precipitazione breve ed intensa allegati al presente lavoro.



Indagini geotecniche puntuali, nel senso che devono essere direttamente riferite alla tipologia ed alla consistenza dell'intervento proposto, dovranno essere invece eseguite sulle aree pianeggianti.

Le suddette indagini, sulla base dell'entità dell'intervento e a discrezione del professionista incaricato, potranno essere costituite o da una semplice relazione geologica o da specifici approfondimenti geotecnici quali prove penetrometriche in sito, sondaggi diretti, analisi strutturali di ammassi rocciosi potenzialmente instabili, ecc.

L'opportunità relativa alla esecuzione di indagini geotecniche è scaturita dalla conoscenza dei territori sui quali il sottoscritto, in 20 anni di attività, ha già avuto modo di procedere con specifiche indagini e studi di carattere geologico.

### **CLASSE III - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

La classe III comprende le zone in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno.

*L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi d'indagine* per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica o idraulica dell'area e di un suo immediato intorno.

Tale approfondimento tecnico dovrà essere attuato grazie all'*esecuzione di approfonditi studi geologici-geotecnici*, mediante campagne geognostiche o significative verifiche idrauliche che dovranno interessare non solo i principali corsi d'acqua, ma anche i corsi d'acqua minori che nel passato hanno manifestato significative forme di dissesto.

Il risultato delle indagini condotte dovrebbe far scaturire l'entità massima dell'intervento, le opere da eseguirsi per una maggior salvaguardia geologica o l'attuazione di sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto osservazione l'evoluzione dei fenomeni in atto.

La classe III comprende aree acclivi potenzialmente o realmente soggette a fenomeni di dissesto idrogeologico come frane di vario tipo e fenomeni alluvionali con trasporto in massa.

Rispetto alla precedenti aree quelle rientranti nella terza classe di fattibilità presentano una maggiore diffusione ed estensione del dissesto e comportano, quasi sempre, la necessità di realizzare opere di difesa idrogeologica o idraulica.

Non sempre queste opere dovranno essere collocate nell'area contrassegnata dalla classe di appartenenza, ma al contrario potranno collocarsi in aree esterne che, nella dinamica geomorfologica, comportano la manifestazione dell'evento più a valle.

Nelle aree pianeggianti o subpianeggianti rientrano in classe III le aree soggette a fenomeni esondativi o soggette a rischio di inquinamento e/o compromissione delle falde idriche.

Riteniamo utile per queste ultime aree aprire un piccolo paragrafo chiarificatore.

Molte aree pianeggianti situate in fregio al fiume Serio, alla valle del Luio, del Carso e della Gavarnia rientrano in questa categoria, come già detto nella descrizione della carta del Rischio Geologico. Le stesse sono scaturite oltre che dalle nostre approfondite conoscenze dell'area, anche dalle indagini di docenti Universitari (Prof.Ing. Paoletti) che hanno collaborato con il sottoscritto alla redazione del Piano Territoriale della Provincia di Bergamo.

Si ritiene comunque che soprattutto *l'area posta in fregio al F. Serio debba essere oggetto di una approfondita indagine idraulica ed idrogeologica per verificare e definire correttamente sia la potenziale area d'interferenza, sia gli interventi di difesa più idonei.*

Ciò perchè, come si evince anche dalla cartografia di base che pure non è aggiornatissima, l'area è già fortemente interessata da numerosi insediamenti di vario tipo, e potrebbe essere coinvolta da fenomeni di una certa gravità, se non per le persone, come sempre si spera , sicuramente per le cose.

Per quanto attiene alle **aree soggette a vulnerabilità della falda idrica**, il riconoscimento delle stesse nella classe III vuole essere in primo luogo un elemento di scoraggiamento per nuovi interventi ed in secondo luogo un segnale per far sì che in quelle aree si operi con estrema attenzione soprattutto nell'applicazione di alcune fondamentali leggi regionali e nazionali (L. 319/76 , L.R. 62/85) che trattano le modalità di smaltimento al suolo dei reflui sia urbani che industriali.

#### **CLASSE IV - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

L'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle.

*Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione*, se non per opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica necessarie per la messa in sicurezza dei siti.

Eventuali opere pubbliche d'interesse dovranno essere valutate puntualmente.

A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte delle autorità comunali, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geomorfologica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio geologico.

La carta prodotta individua la classe IV in prossimità della testata della valle del Luio e della valletta a fianco del Santuario dello Zuccarello come già descritto nella carta del rischio idrogeologico (Valle Oriolo). Inoltre si individua la classe IV lungo tutto l'alveo attivo del F. Serio e dei corsi d'acqua principali.

*Ma ciò che preoccupa maggiormente è la presenza di vegetazione in alveo.*

E' noto infatti, ed i recenti eventi alluvionali lo hanno dimostrato, come la vegetazione presente in alveo possa venire violentemente estirpata dall'ondata di piena e convogliata verso valle dove troverebbe difficoltà di trasporto in prossimità delle arcate dei ponti, intasandoli e creando forti pressioni a ridosso del ponte stesso e ulteriori e dannosissime ondate di piena.

Si tratterà in buona sostanza di fare una corretta valutazione sulla tipologia di vegetazione presente in alveo e procedere eventualmente alla rimozione delle essenze che possono più facilmente essere prese in carico da una potenziale ondata di piena.

Ranica, Febbraio 2001

Dott. Geol. Sergio Ghilardi

## **BIBLIOGRAFIA**

1. AA.VV., "I caratteri originari", in "Storia Economica della Provincia di Bergamo", 1993
2. Bertolini M., Elitropi C., "Osservazioni metereologiche 1958 -1987, Note di climatologia e ambiente", 1990
3. Bertuletti C., Carollo A., "Climatologia del bacino idrografico del T.Borlezza", 1973
4. Govi M., Mortara G., "I dissesti prodotti dal nubifragio del 10 luglio 1972 nella bassa Valle Seriana", Boll. Soc. Min. Subalp., 1981
5. Paoletti A., Peduzzi G.B., "Piano Territoriale Provinciale - Relazione Tecnica e Cartografia relative agli aspetti idrologici e idraulici della Provincia di Bergamo", 1994
6. Progetto Geoambientale, Cartografia geoambientale e Relazione sugli aspetti climatici, 1992
7. Regione Lombardia, "Norme Tecniche per la realizzazione della Cartografia Geoambientale alla scala 1:10000", 1992

## INDICE

1.0	PREMESSA	1
2.0	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - TERRITORIALE	7
3.0	GLI ASPETTI GEOLOGICI DEL TERRITORIO	10
4.0	GLI ASPETTI LITOLOGICI	29
4.1	CARTA LITOLOGICA	29
4.1.1	Depositi di versante	31
4.1.2	Substrato roccioso	35
5.0	ASPETTI GEOMORFOLOGICI	38
5.1	CARTA GEOMORFOLOGICA	38
6.0	ANALISI CLIMATOLOGICA	48
6.1	PRECIPITAZIONI	51
6.1.1	Medie annue	51
6.1.2	Frequenza annua	53
6.1.3	Eventi eccezionali per 12 mesi consecutivi	54
6.2	REGIMI PLUVIOMETRICI	57
6.2.1	Precipitazioni stagionali	58
6.2.2	Precipitazioni massime da 1 a 5 giorni consecutivi	60
6.3	PRECIPITAZIONI MASSIME NELL'AMBITO GIORNALIERO - CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE	65

6.4	TEMPERATURA DELL'ARIA	67
7.0	LA RETE IDROGRAFICA NATURALE E ASPETTI IDROGEOLOGICI	69
7.1	IL FIUME SERIO	69
7.1.1	Caratteristiche geografiche del bacino del F.Serio	71
7.1.2	Caratteristiche idrologiche del bacino del F.Serio	72
7.1.3	Portate di piena del F.Serio	74
7.2	VALUTAZIONE DELLA SITUAZIONE A RISCHIO DEL COMUNE DI NEMBRO	79
7.2.1	Il Torrente Luio	81
7.2.2	Il Torrente Carso	89
7.2.3	Il Torrente Lonzo	96
7.2.4	Il Torrente Gavarnia	103
8.0	CARTA IDROGEOLOGICA	110
8.1	PREMESSA	110
8.2	CARATTERISTICHE DELLA CARTA	110
8.3	LE SORGENTI	112
9.0	CAPACITA' D'USO DEI SUOLI	114
10.0	CARTA DELL'USO DEL SUOLO AD ORIENTAMENTO VEGETAZIONALE	117



11.0 CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	120
12.0 CARTA DI SINTESI	130
13.0 INDICAZIONI SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	132
BIBLIOGRAFIA	141
INDICE	142