

➤ **Flysch di Pontida** (*Turoniano medio - superiore*) [52]

È una successione torbidityica costituita da alternanze marnoso-arenacee a stratificazione variabile da sottile a spessa, granulometria generalmente arenitica fine e con intercalazioni di strati e banchi calcareo-marnosi con potenza anche decametrica, talora gradati e con base conglomeratica. La distribuzione di tali corpi è irregolare e non presenta alcuna ciclicità, mentre la loro frequenza e il loro spessore decresce verso la sommità della Formazione. Lo spessore della formazione raggiunge i 600 m nell'area tipo (Pontida), assottigliandosi lateralmente fino alla completa chiusura nel settore orientale della provincia di Bergamo (Valle Adrara), dove le Arenarie di Sarnico poggiano direttamente sui Banchi Caotici del Cenomaniano superiore, mentre la dispersione delle paleocorrenti torbidityiche marnoso-arenacee mostrano una dispersione da oriente verso occidente.

La Formazione è stata datata, sulla base della biostratigrafia a Foraminiferi planctonici e a nannofossili calcarei, al Turoniano medio-superiore.

Il Flysch di Pontida affiora estesamente lungo tutto il bordo pedemontano della provincia di Bergamo, tra i fiumi Adda e Serio, mentre è assente, o solo limitatamente riconoscibile, ad oriente di quest'ultimo dove passa eteropicamente al Flysch di Colle Cedrina o è completamente assente per lacuna. Nell'area d'affioramento costituisce i rilievi a pieghe e sovrascorrimenti presenti a sud della dorsale dell'Albenza (M. Canto) e nei dintorni di Bergamo, dove costituisce buona parte del versante nord dei colli di Bergamo. Nel territorio di Paladina affiora in un settore limitato all'estremo orientale del Comune, dove costituisce la parte inferiore del versante nord dei colli.

Il limite inferiore della Formazione è graduale nei settori in cui la successione si presenta più completa e potente e mostra una transizione alle sottostanti peliti rosse.

La successione del Flysch di Pontida presenta un'associazione di facies relativamente monotona essendo costituita per la maggior parte da strati torbidityici incompleti base, a geometria piano-parallela. Il rapporto arenaria/pelite cresce verso l'alto, in vicinanza del passaggio alle sovrastanti Arenarie di Sarnico.

Dal punto di vista petrografico le areniti tipiche della Formazione risultano essere litareniti relativamente povere in feldspati e ricche sia in quarzo, sia in frammenti litici.

A livello stratigrafico le informazioni disponibili sono scarse e quasi esclusivamente limitate all'area prospiciente il ciglio della scarpata che separa l'abitato di Ghiaie da quello principale di Paladina ed alla scarpata stessa. Nell'**All. 2A** sono riportate le ubicazioni dei sondaggi geognostici e dei pozzi a stratigrafia nota presenti sul territorio di Paladina, mentre le relative stratigrafie costituiscono le **Figg. 2A÷2F**, dalla cui analisi è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- in vicinanza del ciglio della suddetta scarpata (sondaggi 1 e 2) il sottosuolo è costituito da circa 1 m di terreno di alterazione superficiale di natura argilloso-limosa eventualmente con ciottoli cui segue, fino a circa 8÷10 m di profondità, un'alternanza in proporzioni variabili di argille, ghiaie e ciottoli, con predominanza delle prime. Oltre tale profondità si ha una diminuzione della frazione argillosa a dare depositi ghiaioso-sabbiosi essenzialmente puliti fino a circa 19 m, profondità alla quale si rinviene il substrato roccioso, nel caso specifico di natura flyschoidale. È interessante notare l'assenza di conglomerato nonostante la breve distanza esistente fra il sondaggio 1 e la scarpata ove lo stesso affiora; ciò porta a concludere come la cementazione all'interno dei depositi conglomeratici sia molto eterogenea e possa originare, come nel caso del sondaggio 1 fra 10 e 19 m di profondità, depositi ghiaioso-sabbiosi sciolti;
- sulla scarpata i sondaggi 3, 4 e 5 testimoniano la presenza di una coltre superficiale prettamente argillosa che si estende fino a profondità di 4÷7 m, ove si riscontra la presenza dapprima di un livello conglomerato abbastanza sciolto in matrice argillosa, avente potenza di circa 1.5÷2 m, e poi di conglomerato cementato fino a circa 15÷19 m di profondità, cui segue il bedrock arenaceo.

Oltre ai suddetti dati stratigrafici diretti sono disponibili informazioni indirette relative ad indagini geoelettriche del 1980 e sismiche del 1988, sempre relative alla zona prospiciente il ciglio della medesima scarpata. Da esse si ha sostanzialmente una conferma dei dati relativi ai sondaggi geognostici che quindi possono essere arealmente estesi alla zona vicina alla porzione centrale del ciglio di scarpata.

Per quanto riguarda il ripiano postglaciale su cui sorge la località Ghiaie l'unica stratigrafia disponibile è quella relativa ad un pozzo (P1 nell'**All. 1A**) da cui si evince la

presenza di depositi postglaciali connessi all'attività deposizionale del Brembo fino a profondità di 12 m oltre la quale si rinviene il bedrock costituito da litotipi flyschoidi. Sempre nella località di Ghiaie esistono altri dati stratigrafici, alcuni messi a disposizione dall'Amministrazione Comunale ed altri relativi all'osservazione delle scarpate che delimitano l'alveo attivo del Brembo, che riguardano però solamente una porzione più superficiale di sottosuolo. Da essi si evince come i depositi postglaciali siano essenzialmente di natura ciottolosa con presenza di una matrice sabbiosa incoerente, priva di componenti fini, che talora può originare lenti prettamente sabbiose. I clasti sono caratterizzati da bassa sfericità (spesso sono tabulari), grado di arrotondamento mediamente elevato ed hanno dimensioni medie di circa 10÷15 cm con punte di 30÷50 cm; dal punto di vista petrografico risultano inoltre rappresentate principalmente rocce carbonatiche di provenienza brembana e subordinatamente rocce sedimentarie terrigene (essenzialmente marne); meno rappresentati sono i litotipi metamorfici (essenzialmente gneiss, micascisti e serpentiniti), granitoidi ed ignimbrici.

3.1.1 Caratteristiche della scarpata e distribuzione dei dissesti

La scarpata che separa la località Ghiaie dall'abitato principale di Paladina è l'elemento che presenta le maggiori problematiche idrogeologiche dell'intero territorio comunale e per tale motivo si è ritenuto opportuno caratterizzarlo in maniera più approfondita.

Essa costituisce il raccordo tra il Livello Fondamentale della Pianura e la piana postglaciale del fiume Brembo e, come già riportato al precedente paragrafo 3.1, ha avuto origine da un'intensa fase erosiva postglaciale del fiume Brembo che ha interessato la sua sponda idrografica sinistra fino a produrre una scarpata, al piede della quale si sono accumulate falde di detrito.

Sulla base delle indagini di campagna è possibile osservare, lungo la scarpata in esame, le seguenti strutture morfologiche:

- *aree caratterizzate da pareti subverticali*: sviluppate arealmente in alcuni tratti lungo tutto lo sviluppo della scarpata, nel tratto di monte della Via Piave, con altezze signi-

ficative anche superiori a 10 metri. Tali aree sono costituite da conglomerato poligenico variamente cementato e presentano diverse cavità rientranti di circa 0.5-1 m laddove la cementazione è minore. Sono inoltre presenti in punti localizzati (visibili nel retro delle abitazioni dall'incrocio con Via Fornacetta, e nel tratto attualmente mascherato dal muro di controripa) tratti in cui la parete assume inclinazioni strapiombanti;

- *cavità*: lungo gran parte della scarpata, a partire da poche decine di metri a nord delle abitazioni in vicinanza del passaggio di via Fornacetta sul canale Legler verso sud, si sviluppa con continuità una cavità in corrispondenza del contatto tra conglomerato (Ceppo del Brembo) e substrato flyschoidale. Essa è da mettere in relazione all'azione, di tipo carsico, operata dalle acque di infiltrazione che, in corrispondenza del contatto con l'unità inferiore più impermeabile, emergono creando fenomeni diffusi di sgretolamento e conseguentemente arretramento dell'ammasso. Si è inoltre osservato che il tratto di Via Piave a monte dell'incrocio con via Sottoripa, nella porzione di sottoscarpa, presenta, all'interno del conglomerato, una cavità con decorso parallelo all'asse stradale, con estensione ed ampiezza tale da generare seri dubbi sulla stabilità del tratto stradale stesso;
- *nicchie di distacco*: si sviluppano sul livello superiore dei conglomerati e sono determinate essenzialmente dallo sviluppo di cavità carsiche, con conseguente crollo di porzioni di roccia, e/o dalla diminuzione della coesione e della resistenza per attrito dovuta all'infiltrazione dell'acqua;
- *detrito di frana*: Si tratta di depositi connessi al franamento anche in tempi meno recenti del materiale costituente la scarpata. Essi assumono forma a conoide con apice superiore in prossimità delle aree sorgenti (nicchie distacco), che spesso nel caso delle frane più antiche non sempre è riconoscibile. Tali depositi presentano un'inclinazione di circa 50°, pari all'angolo di riposo del materiale, e sono attualmente stabilizzati da vegetazione erbacea ed arbustiva. I più eclatanti si rinvennero sul retro delle case disabitate presenti in prossimità dell'attraversamento del canale Legler da parte di via Sottoripa.

La scarpata può essere suddivisa, sulla base dei segni di dissesto presenti, delle sue condizioni geologiche-geomorfologiche, nonché sulla base della sua inclinazione in tre settori:

- *settore settentrionale*, dal limite comunale settentrionale fino all'incirca alle case in vicinanza dell'attraversamento del canale Legler da parte di via Fornacetta. Tale settore risulta interessato, a parte lo scasso antropico a monte della via Ghiaie, dalla presenza di una coltre eluvio-colluvale che non presenta segni di instabilità. Gli scarsi affioramenti rocciosi (**Ail. 1A**) sono quasi tutti di altezza limitata, ad eccezione di una piccola parete sita circa 80 m a nord della Cascina Legler che ha dislivelli superiori, e non creano grossi pericoli;
- *settore centrale*, si estende da circa 30 m a monte delle case in vicinanza dell'attraversamento del canale Legler da parte di via Fornacetta fino alle ultime case presenti in sinistra idrografica del canale Legler poco a sud del ponte di via Sottoripa. È senza dubbio il settore più a rischio presentando una serie di segni di dissesto ed avendo dato luogo anche in un recente passato a fenomeni di crollo di grossi blocchi di materiale conglomeratico. I pericoli legati a questo settore si estendono sia a valle della scarpata, a causa della possibilità di rotolamento di eventuali blocchi, immediatamente dopo il loro crollo, sia a monte ove il distacco di blocchi conglomeratici provoca l'arretramento del ciglio di scarpata;
- *settore meridionale*: dalle ultime case presenti in sinistra idrografica del canale Legler fino al limite comunale meridionale. In questo settore non sono stati rinvenuti segni di importanti dissesti ed esso è costituito da una porzione settentrionale, occupante circa metà del settore, caratterizzata da un'inclinazione molto elevata con tratti anche subverticali, e da una porzione meridionale con pendenze sempre abbastanza elevate, ma più dolci che nella porzione settentrionale. La pericolosità di tale tratto si estende in maniera proporzionale alla sua inclinazione sia a valle che a monte della scarpata stessa, per gli stessi motivi enunciati per il precedente settore.

Di tale suddivisione si è tenuto conto nella valutazione della fattibilità geologica, al paragrafo 10.2.

Altri dissesti sono stati evidenziati dalle indagini di campagna lungo la dorsale dei colli. In particolare si segnalano le due situazioni più eclatanti, entrambe site in prossimità del Santuario di Sombreno:

- la prima di esse si ritrova sul versante nord dei colli ad una quota di circa 315÷320 m s.l.m., circa 80÷100 m ad est del Santuario (ved. **All 1A**). Tale dissesto è legato ad uno scivolamento della coltre eluvio-colluviale che ha portato in affioramento le bancate arenacee delle Arenarie di Sarnico aventi giacitura a reggipoggio ($220^{\circ}/65^{\circ}$) e che ha costituito un piccolo accumulo di detriti immediatamente ai piedi della nicchi di distacco avente dimensioni di qualche metro. La prevedibile evoluzione di tale dissesto non comporta particolari rischi, viste le limitate dimensioni dello stesso, la giacitura a reggipoggio dei litotipi in affioramento ed anche la sua posizione lontana da insediamenti abitativi o da arterie varie;
- il secondo dissesto è situato lungo la strada che conduce al Santuario, ad una quota di circa 318÷328 m s.l.m., nella zona compresa fra il muro di cinta della spianata del Santuario stesso, a Est, e lo stretto tornante della strada che ad esso conduce, a Ovest. In tale punto si ha l'affioramento di bancate decimetriche di litotipi arenacei alternati a centimetriche intercalazioni pelitiche, il tutto appartenente alla formazione dell'Arenaria di Sarnico. La minor resistenza all'erosione dei livelli pelitici ha fatto sì che l'affioramento si presenti sotto forma di strati arenacei parzialmente svincolati l'uno dall'altro e che quindi, vista anche la sfavorevole giacitura degli stessi (a franapoggio meno inclinato del pendio, $220^{\circ}/40^{\circ}$) si vengono a trovare in situazione di equilibrio estremamente precario. Tali strati sono perciò soggetti a spezzarsi originando blocchi tabulari di dimensioni non enormi, ma comunque tali da creare pericolo per il transito di mezzi e persone nel tratto di strada immediatamente a valle del dissesto. Si consiglia quindi di intervenire al più presto per mettere in sicurezza tramite la costruzione di un idoneo muro di contenimento o per mezzo della posa di una rete aderente al pendio con il compito di evitare la caduta dei blocchi, il tutto previo disgiungimento dei blocchi in equilibrio più precario.

3.2 Lineamenti geopedologici generali

Nonostante al paragrafo 3.1 per le varie unità litologiche si siano descritte le relative caratteristiche pedologiche è sembrato opportuno, al fine di fornire indicazioni pedologiche di maggior dettaglio, redarre l'**All. 1B - carta geopedologica** realizzata sulla base de "I suoli dell'hinterland bergamasco" pubblicato dall'ERSAL nell'ambito del progetto "*Carta Pedologica*" nel 1992. In esso l'hinterland bergamasco viene suddiviso in 4 sistemi, 6 sottosistemi, 14 unità di paesaggio, 26 sottounità e 54 unità cartografiche. Per ciò che concerne il territorio di Paladina si evince che esso è interessato da 8 unità cartografiche appartenenti a 8 sottounità di paesaggio, ad 6 unità di paesaggio, a 4 sottosistemi e 3 sistemi. Per la distribuzione areale di tali unità cartografiche si faccia riferimento all'**All. 1B, carta geopedologica**, mentre la loro descrizione viene riportata qui di seguito:

➤ **sistema:** G – rilievi montuosi;

⇒ **sottosistema:** CM - aree montuoso-collinari delle Prealpi, confinanti con l'alta pianura terrazzata e quote inferiori a 1300 m s.l.m.;

✓ **unità di paesaggio:** CM3 - versanti ubicati a quote generalmente inferiori a 700 m (orizzonte submontano delle latifoglie eliofile). L'uso del suolo è a bosco ceduo di castagno, carpino e roverella, subordinatamente a prato e/o prato pascolo e vigneto nei versanti gradonati. La pendenza è prevalentemente >35%;

◊ **sottounità di paesaggio:** CM 3,3 - aree a substrato prevalentemente acido (arenarie, radiolariti, flysch pelitico-arenaceo), a stratificazione media e sottile (3÷30 cm);

☞ **unità cartografica:** GVN1 - consociazione di suoli moderatamente profondi con scheletro comune, tessitura media, reazione acida, saturazione molto bassa, non calcarei, drenaggio buono, *class. U.S.D.A.: Typic Dystrochrepts fine-loamy, mixed, mesic; class FAO: Dystric Cambisols*;

✓ **unità di paesaggio:** CM4 - aree di raccordo con l'alta pianura, ubicate a quote inferiori a 300 m, utilizzate a prato, con pendenze comprese fra 5 e 10%;

◊ **sottounità di paesaggio:** CM 4,1 – superfici di sedimentazione colluviale pelitica, con problemi di drenaggio;

☞ **unità cartografica:** FNT1 - consociazione di suoli profondi a privi di scheletro, tessitura media, reazione subacida in superficie e da subacida a subalcalina in profondità, saturazione alta, non calcarei, drenaggio da mediocre a lento, *class. U.S.D.A.: Fluvaquentic Eutrochrepts fine-silty, mixed, mesic; class FAO: Fluvi-eutric Cambisols*;

✓ **unità di paesaggio:** CM5 – valli e piane intercollinari ubicate a quote inferiori a 300 m, utilizzate a prato, con pendenze inferiori a 5%;

◊ **sottounità di paesaggio:** CM 5,2 – piana di sedimentazione pelitica fluvio-lacustre, a drenaggio lento, soggetta in passato ad intensa cavazione e ripristino ambientale;

- ✎ **unità cartografica:** PET1 - consociazione di suoli moderatamente profondi con scheletro variabile, tessitura moderatamente fine, reazione subacida, saturazione media, non calcarei, drenaggio lento o molto lento, *class. U.S.D.A.: Aquic Dystric Eutrochrepts fine, mixed, mesic; class FAO: Gley-eutric Cambisols;*
- **sistema:** L - piana fluvioglaciale e fluviale terrazzata, costituente il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.);
- ⇒ **sottosistema:** LG - pianura ghiaioso-ciottolosa a monte della fascia delle risorgive, prevalentemente utilizzata a seminativo irriguo o prato;
- ✓ **unità di paesaggio:** LG1 - aree pianeggianti modali, fortemente urbanizzate ed industrializzate;
- ◊ **sottounità di paesaggio:** LG 1,2 - aree caratterizzate da depositi argilloso-limosi, privi di pietrosità superficiale, con problemi di drenaggio più o meno accentuati, pedologicamente correlati al terrazzo intermedi;
- ✎ **unità cartografica:** SBR1 - consociazione di suoli profondi, privi di scheletro, tessitura media in superficie e moderatamente fine in profondità, reazione subacida, saturazione media, non calcarei, drenaggio da mediocre a lento, *class. U.S.D.A.: Albaquic Paleudalfs fine-silty, mixed, mesic; class FAO: Eutric Planosols;*
- **sistema:** V - valli di pianura dei maggiori fiumi, corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attuali o estinti. Valli dei fiumi Serio e Brembo;
- ⇒ **sottosistema:** VT - aree terrazzate, poste in posizione intermedia tra il L.F.d.P. e le piane alluvionali, non interessate da dinamiche fluviali recenti;
- ✓ **unità di paesaggio:** VT1 - superfici subpianeggianti modali, variamente ribassate rispetto al L.F.d.P., utilizzate prevalentemente a seminativo o prato; aree di pertinenza del fiume Brembo;
- ◊ **sottounità di paesaggio:** VT 1,1 - aree ribassate di 2÷3 m, costituite da depositi sabbioso-ciottolosi calcarei;
- ✎ **unità cartografica:** CIA1 - consociazione di suoli moderatamente profondi, con scheletro frequente in superficie e abbondante in profondità, tessitura media, reazione subalcalina (talora subacida in superficie), saturazione alta, non calcarei, drenaggio buono, *class. U.S.D.A.: Typic Hapludalfs loamy-skeletal, mixed, mesic; class FAO: Haplic Luvisols;*
- ◊ **sottounità di paesaggio:** VT 1,2 - aree ribassate di 2÷3 m, costituite da sedimenti fini;
- ✎ **unità cartografica:** MAS3 - consociazione di suoli moderatamente profondi, privi di scheletro, tessitura media, reazione subacida in superficie e neutra in profondità, saturazione da media ad alta, non calcarei, drenaggio da buono a mediocre, *Typic Hapludalfs fine-silty, mixed, mesic; class FAO: Chromic Luvisols;*
- ◊ **sottounità di paesaggio:** VT 1,3 - aree ribassate di 10÷15 m, costituite da sedimenti grossolani calcarei;
- ✎ **unità cartografica:** SES3 - consociazione di suoli sottili, con scheletro comune, tessitura media, reazione subalcalina in superficie ed alcalina in profondità, saturazione alta, scarsamente calcarei, drenaggio buono, *Typic Udorthents; class FAO: Eutric Regosols;*

- ⇒ **sottosistema:** VA – pianie alluvionali a dinamica prevalentemente deposizionale;
- ✓ **unità di paesaggio:** VT8 – aree comprese fra le superfici terrazzate e l'alveo attuale dei corsi d'acqua. Sono caratterizzate da una morfologia subpianeggiante e costituite da depositi alluvionali recenti ed attuali. Risultano ribassate di 20÷30 m rispetto al L.F.d.P. nei pressi del fiume Brembo, e di 5÷10 m nei pressi del fiume Serio;
- ◇ **sottounità di paesaggio:** VA 8,1 – aree più rilevate, non o poco inondabili, costituite da materiali di varia granulometria, utilizzate a seminativo o prato; aree di pertinenza del fiume Brembo;
- ✎ **unità cartografica:** BRB1 - consociazione di suoli sottili, con scheletro da scarso a comune, tessitura media, reazione subalcalina, saturazione alta, molto calcarei, drenaggio da buono a rapido, *class. U.S.D.A.: Entic Hapludolls coarse-loamy over sandy-skeletal, carbonatic, mesic; class FAO: Calcaric Phaeozems;*

Al fine di una migliore comprensione di quanto poc'anzi esposto si tengano presente i seguenti rapporti fra dati numerici e aggettivi:

- **PROFONDITÀ:**
- | | |
|------------------|------------------------|
| <25 cm | molto sottili |
| 25÷50 cm | sottili |
| 50÷100 cm | moderatamente profondi |
| 100÷150 cm | profondi |
| >150 cm | molto profondi |
- **SCHELETRO:**
- | | |
|--------------|------------------|
| <1% | assente |
| 1÷5% | scarso |
| 5÷15% | comune |
| 15÷35% | frequente |
| 35÷70% | abbondante |
| >70% | molto abbondante |
- **TESSITURA:** si fa riferimento al triangolo U.S.D.A. le cui classi sono state raggruppate come segue:
- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| S e SF | grossolana |
| FS gross. FS, FS fine | moderatamente grossolana |
| FS molto fine, F, FL, L ... | media |
| FSA, FA, FLA | moderatamente fine |
| A, AS, ASL | fine |
- **REAZIONE:**
- | | |
|---------------|-------------|
| < 4,5 | molto acidi |
| 4,5÷5,5 | acidi |
| 5,6÷6,6 | subacidi |
| 6,7÷7,3 | neutri |
| 7,4÷8,2 | subalcalini |
| > 8,2 | alcalini |
- **SATURAZIONE:**
- | | |
|--------------|-------------|
| < 35% | molto bassa |
| 35÷50% | bassa |
| 50÷75% | media |

- > 75%..... alta
- CARBONATI TOT.: <0,5%..... non calcareo
 0,5÷5%..... scarsamente calcareo
 5÷10%..... moderatamente calcareo
 10÷20%..... calcareo
 > 20%..... molto calcareo
- DRENAGGIO: rapido lento
 buono molto lento
 mediocre impedito

3.2.1 Pedologia di dettaglio

Dall'analisi di quanto esposto al precedente paragrafo unitamente alle informazioni raccolte durante l'indagine di campagna, rivolta soprattutto alla valutazione delle caratteristiche di drenaggio dei suoli, il territorio comunale risulta interessato per lo più da suoli a drenaggio e spessore estremamente differenziati che riflettono le caratteristiche geologiche, esposte nel paragrafo 3.2. In particolare:

- nell'area dei colli (suolo GVN1 su substrato roccioso flyschoidale) lo spessore del suolo risulta in generale compreso fra 50 e 100 cm, mentre il drenaggio è buono;
- a NE dei colli si rinvenivano suoli (PET1, ricoprenti l'Unità Postglaciale, nel caso specifico data da depositi lacustri) con spessore compreso fra 50 e 100 cm e con drenaggio da lento a molto lento;
- nell'area compresa fra l'abitato di Paladina e i colli si hanno suoli (FNT1 e SBR1 ricoprenti l'Unità di Brembate) caratterizzati da spessori di 100÷150 cm e drenaggio da mediocre a lento;
- a NW e SW dell'abitato si hanno suoli (CIA1 e MAS3 a cavallo fra le Unità di Treviglio e di Brembate) con spessore di 50÷100 cm e drenaggio da buono verso ovest, e mediocre verso est;
- la piana su cui sorge l'abitato di Ghiaie vede invece la presenza di suoli (BRB1 e SES3 che ricoprono l'Unità Postglaciale) con spessori limitati e generalmente compresi fra 25 e 50 cm e caratterizzati da drenaggio da buono a rapido.

Per quanto riguarda la capacità d'uso dei suoli si è fatto riferimento sempre alla pubblicazione dell'ERSAL che, per quanto concerne il territorio comunale di Paladina suddivide i suoli come segue:

- classe di capacità d'uso II, suoli con alcune limitazioni che riducono la scelta colturale e/o richiedono moderate pratiche conservative:
 - ✓ MAS3, suoli con drenaggio mediocre ed elevata frazione limoso-argillosa nell'orizzonte arato;
- classe di capacità d'uso III, suoli con severe limitazioni che riducono la scelta delle colture e/o richiedono particolari pratiche conservative:
 - ✓ CIA1, suoli con spessore moderato, con scheletro abbonante sotto l'orizzonte arato;
 - ✓ SRB1, suoli con drenaggio lento;
 - ✓ FNT1, suoli pendenti (10÷20%) con drenaggio lento;
- classe di capacità d'uso IV, suoli con limitazioni molto forti che restringono la scelta colturale e/o richiedono una gestione molto accurata:
 - ✓ SES3, suoli con spessore sottile (25÷50 cm);
 - ✓ BRB1, suoli con spessore sottile e drenaggio rapido;
 - ✓ PET1, suoli con drenaggio lento o molto lento;
- classe di capacità d'uso VII, suoli con severissime limitazioni tali da rendere difficoltosa anche l'attività silvo-pastorale, :
 - ✓ GVN1, suoli molto scoscesi (> 70%) soggetti a forte rischio erosivo.

4.0 Caratteri idrologici e idrogeologici

4.1 Lineamenti idrologici

L'idrografia del comune di Paladina risulta dominata dalla presenza di un grande corso d'acqua, il Brembo, cui si aggiungono un elemento idrografico minore che attraversa l'intero territorio comunale, il torrente Quisa, alcuni canali irrigui e di scolo, presenti soprattutto nella porzione sud-orientale del territorio stesso, e i piccoli corsi d'acqua delle piccole vallecole dell'apparato collinare, sedi di deflusso idrico temporaneo in concomitanza con i periodi maggiormente piovosi. L'intero territorio comunale ricade, direttamente o tramite il torrente Quisa, nel bacino imbrifero del Brembo.

Qui di seguito vengono descritti caratteri idrografici principali dei corsi d'acqua che interessano in maniera diretta il territorio comunale di Paladina:

- fiume Brembo: segna grosso modo il limite comunale occidentale di Paladina, ma data la sua vicinanza e la sua importanza si è ritenuto opportuno descrivere i suoi caratteri principali. Le sue sorgenti sono convenzionalmente poste nella conca dove sorge il rifugio Calvi, sulle pendici dei monti che la coronano. Qui nasce in realtà il Brembo di Carona in cui, all'altezza di Branzi, confluisce il Brembo di Valleve e, poco a valle di Lenna, il Brembo di Mezzoldo dopo che quest'ultimo ha ricevuto, presso Olmo, le acque dell'importante torrente Stabina. Il suo bacino imbrifero ha una superficie complessiva di circa 945 km². Nel tratto a sud di Ponte S. Pietro il fiume scorre incassato rispetto al p.c. della pianura circostante di circa 20÷30 m. La stazione idrometrica più prossima all'area in esame è quella posta in corrispondenza del ponte di Briolo, 19 km a monte della confluenza nell'Adda, che sottende tutta la parte montana del bacino imbrifero avente un'estensione di circa 765 km². Dai dati idrometrici rilevati in tale stazione si nota come mediamente le portate presentino il massimo assoluto nel trimestre primaverile ed un massimo relativo in novembre, in accordo con il regime pluviometrico a cui, nel periodo primaverile si aggiunge, il deflusso determinato dalla fusione delle nevi. Una certa influenza sulle portate è esercitata dai serbatoi artificiali esistenti nell'alto bacino, la cui capacità complessiva ammonta a circa 23,4 milioni di m³. Essi contribuiscono a ridurre il massimo assoluto primaverile e ad aumentare invece le portate autunnali ed invernali. La portata

massima registrata è stata di 1580 m³/s il 1° novembre 1928 (circa 1000 m³/s nei pressi di Ponte S. Pietro durante l'alluvione del 1987), mentre la minima il 6 febbraio 1926 con soli 2,46 m³. Altro parametro utilizzato per la definizione delle caratteristiche idrologiche di un corso d'acqua è la durata delle portate, ossia il numero medio di giorni annui in cui viene superata una determinata portata. Nel caso del Brembo a Briolo solo per 10 giorni all'anno si superano i 121 m³/s (portata di piena ordinaria), mentre per ben 355 defluiscono oltre 7,96 m³/s (portata di magra ordinaria). La portata semipermanente, ossia quella raggiunta o superata nel 50% dei giorni di un anno, è di 20,70 m³/s. Il regime idrologico è a deflusso perenne;

- torrente Quisa: nasce dalle pendici meridionali della dorsale sud-occidentale del Canto Alto da cui raggiunge la valle a fondo piatto di Petosino dove, con decorso meandriforme verso WNW, scorre fino all'altezza del Santuario di Sombreno all'altezza del quale si imposta sul L.F.d.P. e, con una piega graduale, prende a scorrere in maniera sub-rettilinea verso sud, lasciando poi il territorio di Paladina per passare in quello di Valbrembo e successivamente in quello di Ponte S. Pietro, ove si getta nel fiume Brembo.

L'indagine di dettaglio, realizzata tramite un'indagine di campagna, ha interessato i corsi d'acqua interessanti in maniera diretta il territorio comunale ed è stata estesa all'esterno di tale area, soprattutto a monte, in quanto le eventuali esondazioni di tali corsi d'acqua comportano effetti in fasce più o meno ampie a valle del punto di tracimazione. Tale indagine ha portato a valutare le condizioni degli alvei, la presenza e l'eventuale mancanza di opere di difesa idraulica e la loro adeguatezza, la presenza di eventuali situazioni critiche dal punto di vista dell'erosione spondale, la presenza di situazioni critiche per il regolare deflusso idraulico e la presenza di scarichi. Tutte queste informazioni sono riportate nell'**Ail. 2A**, *carta idrogeologica e della vulnerabilità*.

Per ciò che concerne le zone esondabili sono state riportate quelle relative al fiume Brembo, così come definite dal progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), peraltro certamente da rivedere sulla base delle osservazioni che lo scrivente ha formulato per conto dell'Amministrazione Comunale di Paladina.

4.2 Lineamenti idrogeologici

Le acque sotterranee della parte pedemontana del bacino imbrifero del fiume Brembo derivano completamente dalle precipitazioni meteoriche ricadenti nell'area compresa nel bacino idrografico dell'alto Brembo. Il caricamento idrico del sottosuolo avviene in maniera diretta nel momento in cui la permeabilità del suolo consente la percolazione in profondità delle acque, mentre, nel caso di permeabilità inferiore dei suoli, l'acqua meteorica tende a scorrere in superficie per raccogliersi nei corsi d'acqua superficiali, i cui alvei ghiaiosi assorbono gran parte delle medesime acque. Le acque di infiltrazione tendono a generare falde che si distribuiscono nel sottosuolo a seconda della permeabilità e geometria degli acquiferi sotterranei.

Il territorio comunale appartiene all'area di alimentazione della falda freatica della zona di pianura ed è suddivisibile idrogeologicamente in settori coincidenti con quelli geomorfologici, riportati al capitolo 3.1:

- 1) *zona collinare*: caratterizzato da pendenze mediamente elevate e costituito da litotipi flyschoidi, privi di permeabilità primaria e al più dotati di scarsa permeabilità secondaria legata essenzialmente a fenomeni di fratturazione, ricoperti da una coltre eluvio-colluviale di spessore normalmente inferiore al metro. In tale settore le acque meteoriche tenderanno per lo più a scorrere in superficie, alimentando i piccoli corsi d'acqua delle numerose vallecicole, mentre una più limitata quota parte si infiltrerà nella coltre eluvio-colluviale e, scorrendo al contatto fra di essa e il bedrock, alimenterà la falda freatica della zona pianeggiante;
- 2) *Livello Fondamentale della Pianura (L.F.d.P.)*: costituito da depositi fluvioglaciali estremamente permeabili ricoperti da uno strato di alterazione superficiale modesto, passanti localmente verso il basso a conglomerati della formazione del Ceppo del Brembo, e limitati a profondità di circa 20 m (nella zona prospiciente la scarpata che adduce all'abitato di Ghiaie) dal bedrock. Tali depositi risultano costituire, in continuità con i sottostanti conglomerati, dotati di permeabilità legata alla disomogeneità della cementazione, nonché alla presenza di fratture e cavità, un ottimo acquifero. Tale acquifero risulta, dagli scarsi dati disponibili, sede di una falda freatica che si posiziona a profondità dell'ordine dei 18÷20 m (almeno nell'area vicina alla suddetta

scarpata). L'assenza di importanti fenomeni sorgentizi lungo la scarpata, al contatto fra i conglomerati e il bedrock scarsamente permeabile, fa pensare ad una sua immersione verso est;

- 3) *ripiano alluvionale*: costituito da depositi postglaciali estremamente permeabili, dotati di una coltre di alterazione superficiale estremamente ridotta, e sede di una falda freatica connessa al fiume Brembo. Tale falda si posiziona, in condizioni di portata semipermanente del fiume, ad una profondità di circa 8 m dal piano campagna, ma a causa dell'estrema permeabilità dell'acquifero e della vicinanza del Brembo appare chiaro come, in occasione del verificarsi di eventi di piena, il livello freatico possa subire importanti (e al momento non quantificabili stante la totale assenza di dati) oscillazioni verso l'alto.

A causa della pressoché totale assenza di dati piezometrici non è stato possibile ricavare l'andamento del deflusso sotterraneo, né studiare le oscillazioni del livello freatico, mentre per una migliore comprensione di quanto esposto poc'anzi, relativamente all'assetto idrogeologico del territorio comunale, è stata redatta una sezione geologico-idrogeologica (**AII. 2B**), il cui sviluppo planimetrico è riportato sugli **AII. 1A** e **2A**. Tale sezione si costituisce di due parti: quella inerente l'apparato dei colli, con direzione NE-SW, e quella concernente la parte restante, con direzione ESE-WNW. Dalla sua analisi si evince quanto segue:

- l'apparato dei colli, costituito da litotipi flyschoidi vede la presenza di una sinclinale il cui asse risulta essere subparallelo allo sviluppo longitudinale dei colli stessi;
- i depositi postglaciali argillosi del bacino di Petosino ricoprono i litotipi della formazione del Flysch di Pontida e, nell'ambito comunale la loro potenza sembra non superare i 10 ÷ 15 m;
- la piana su cui sorge l'abitato principale di Paladina è costituita dai depositi fluvio-glaciali dell'Unità di Brembate che, dagli scarsi dati stratigrafici disponibili, sembra ricoprire litotipi flyschoidi, probabilmente appartenenti all'Arenaria di Sarnico, situati a profondità dell'ordine dei 20÷30 m;

- la porzione all'estremità occidentale della suddetta piana si trova ad una quota inferiore di 1÷4 m rispetto all'ampia porzione orientale della stessa ed è costituita da depositi fluvioglaciali tardivi attribuiti all'Unità di Treviglio;
- i litotipi conglomeratici del ceppo del Brembo, affioranti nella porzione sommitale della scarpata che collega l'abitato di Paladina con quello di Ghiaie sembra, dai pochi dati stratigrafici disponibili, costituire una lente allungata lungo il decorso della scarpata stessa; non si esclude la possibilità che qualcosa di simile possa essere presente nel anche nel sottosuolo della piana fluvioglaciale dell'abitato di Paladina;
- la porzione inferiore delle suddetta scarpata è costituita dai litotipi dell'arenaria di Sarnico, aventi in sezione un'inclinazione apparente suborizzontale, ma in realtà immergenti verso sud;
- gli stessi litotipi sembra costituiscano il substrato, a profondità massime di circa 12 m, della piana postglaciale di Ghiaie.

4.2.1 Permeabilità e vulnerabilità

Nell'**AII. 2A** è illustrato lo sviluppo della permeabilità dei terreni sopra falda nel territorio considerato. Nella valutazione di tale parametro si è cercato di tenere in considerazione sia la permeabilità dei suoli che quella dei depositi immediatamente sottostanti. Il territorio comunale di Paladina risulta perciò suddiviso in quattro differenti classi di permeabilità:

- *aree a permeabilità bassa*, coincidenti con l'apparato collinare e la porzione di territorio comunale a nord dello stesso. I colli sono infatti costituiti da litotipi flyschoidi con permeabilità primaria pressoché nulla e permeabilità secondaria, legata essenzialmente a fratturazione, bassa; la coltre di eluvio-colluviale è di spessore limitato e le pendenze dei fianchi collinari, mediamente elevate, favoriscono lo scorrimento superficiale piuttosto che il ristagno e l'infiltrazione delle acque meteoriche. La porzione subpianeggiante compresa fra il margine settentrionale dei colli e il limite comu-

nale si imposta invece sui depositi lacustri relativi al bacino di Petosino, di natura essenzialmente fine e scarsamente permeabile ($k = 10^{-5} \div 10^{-7}$ cm/s);

- *aree a permeabilità da medio-bassa ad alta:* cui appartiene tutta la porzione del territorio comunale compresa fra il margine meridionale dei colli e il ciglio della scarpata che adduce all'abitato di Ghiaie. All'interno di tale area la permeabilità varia in maniera anche considerevole, ma non è stato possibile effettuare una suddivisione più accurata a causa della mancanza di dati. In linea di massima la zona ad oriente della S.P. 153 risulta comunque caratterizzata da una permeabilità inferiore ($k = 10^{-3} \div 10^{-5}$ cm/s) legata sia alla presenza di suoli con drenaggio da mediocre a lento, sia alla presenza nell'area pedecollinare di depositi colluviali, legati alla degradazione chimico-fisica del substrato roccioso costituente l'apparato collinare, costituiti essenzialmente da materiale fine con presenza di clasti sparsi. La zona ad occidente della S.P. 153 risulta invece caratterizzata da permeabilità maggiore, crescente spostandosi verso la scarpata ed orientativamente pari a $10^{-2} \div 10^{-3}$ cm/s,
- *area a permeabilità elevata:* corrispondente al ripiano postglaciale, su cui sorge l'abitato di Ghiaie, costituito da materiale grossolano con scarsa matrice fine e coltre d'alterazione superficiale estremamente limitata. Per tali depositi la permeabilità è stata stimata in $1 \div 10^{-1}$ cm/s.

Per vulnerabilità di una falda acquifera è da intendersi la facilità o meno con cui essa viene raggiunta dagli eventuali inquinanti liquidi o idroveicolati a partire dalla superficie e con cui gli stessi possono propagarsi e persistervi.

Nella valutazione del grado di vulnerabilità di un acquifero gli elementi che entrano in gioco sono i seguenti:

- caratteristiche idrogeologiche (porosità efficace, permeabilità verticale ed orizzontale, velocità del deflusso idrico sotterraneo) che determinano sia la velocità e l'efficacia della percolazione dell'inquinante, sia l'azione autoepurante (capacità di depurazione, filtrazione, adsorbimento, degradazione chimica e biologica, ecc.) insita nei diversi terreni;

- la soggiacenza piezometrica (spessore della zona insatura), a cui si rifà in modo direttamente proporzionale l'azione epurante dei terreni;
- le caratteristiche tessiturali e di spessore di un'eventuale copertura a bassa permeabilità che costituisce un elemento di protezione per l'acquifero sottostante.

Alla luce di quanto sin qui esposto in merito ai fattori poc'anzi esposti il territorio comunale di Paladina risulta interessato da tre classi di vulnerabilità, coincidenti con le tre classi di permeabilità sopra descritte:

- aree a vulnerabilità bassa, coincidente con l'apparato collinare e con la zona subpianeggiante a nord dello stesso, in cui si riscontra una permeabilità molto bassa e una soggiacenza della falda freatica di circa superiore ai 20 m;
- aree a vulnerabilità elevata, coincidente essenzialmente con il ripiano fluvioglaciale würmiano, caratterizzato da permeabilità da medio-bassa ad alta e da una soggiacenza della freatica pari a circa 7÷9 m;

Per ciò che concerne la vulnerabilità, nell'**AII. 2A** si sono segnalate, per una miglior lettura della carta, solamente le aree caratterizzate da valori elevati. Si farà riferimento alla distribuzione della vulnerabilità sul territorio comunale nel capitolo 10.2, concernente la fattibilità geologica.

5.0 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Il territorio comunale di Paladina è stato oggetto di una valutazione di natura geotecnica che ha consentito, in ultima analisi, l'elaborazione dell'**AII. 3 – carta di prima caratterizzazione geotecnica**.

I dati riguardanti la composizione e le caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il primo sottosuolo dell'area in esame sono stati ricavati per lo più dall'analisi delle stratigrafie di pozzi e sondaggi, nonché da prove geotecniche in situ in parte effettuate dallo Scrivente, in parte messe a disposizione dall'Amministrazione Comunale: Per quanto riguarda i depositi lacustri postglaciali del bacino di Petosino e i materiali rocciosi, non essendo disponibili dati certi riferiti al territorio in esame, i dati hanno un'origine essenzialmente bibliografica.

Sulla base di tutto ciò, compendiato dalle conoscenze geologiche e stratigrafiche riportate nei precedenti capitoli, si sono estrapolati, per i vari terreni presenti sul territorio comunale suddiviso in tre zone geotecniche omogenee, i seguenti range di variabilità dei parametri geotecnici principali:

➤ Zona geotecnica omogenea "A" (U. di Brembate e di Treviglio)

COLTRE SUPERFICIALE				
Spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Angolo d'attrito efficace (°)	Coesione (kPa)	Coeff. di permeabilità (cm/s)
1.0÷2.0/4.0	17.0÷18.5	25÷28	15÷25 (C _u) 0 (c')	10 ⁻³ ÷10 ⁻⁵
DEPOSITI IMMEDIATAMENTE SOTTOSTANTI				
Peso di volume (kN/m ³)	Angolo d'attrito efficace (°)	Coesione (kPa)	Coeff. di permeabilità (cm/s)	
19.0÷20.0	28÷35	0÷60/90 (C _u)	10 ⁻² ÷10 ⁻⁵	

➤ **Zona geotecnica omogenea "B"** (U. Postglaciale – zona abitato di Ghiaie)

COLTRE SUPERFICIALE				
Spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Angolo d'attrito efficace (°)	Coesione (kPa)	Coeff. di permeabilità (cm/s)
0.5÷1.0	17.0÷18.5	27÷28	15÷25 (C _u) 0 (c')	10 ⁻² ÷10 ⁻⁴
DEPOSITI IMMEDIATAMENTE SOTTOSTANTI				
Peso di volume (kN/m ³)	Angolo d'attrito efficace (°)	Coesione (kPa)	Coeff. di permeabilità (cm/s)	
19.0÷20.0	28÷35	0÷60/90 (C _u)	1÷10 ⁻³	

➤ **Zona geotecnica omogenea "C"** (U. Postglaciale – depositi lacustri del bacino di Petosino)

COLTRE SUPERFICIALE				
Spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Angolo d'attrito efficace (°)	Coesione (kPa)	Coeff. di permeabilità (cm/s)
1.0÷2.0	17.0÷18.0	18÷22	15÷100 (C _u) 0÷15 (c')	10 ⁻⁶ ÷10 ⁻⁸
DEPOSITI IMMEDIATAMENTE SOTTOSTANTI				
Peso di volume (kN/m ³)	Angolo d'attrito efficace (°)	Coesione (kPa)	Coeff. di permeabilità (cm/s)	
18.0÷20.0	18÷24	15÷100 (C _u)	10 ⁻⁵ ÷10 ⁻⁷	

Per ciò che riguarda i materiali rocciosi nell'**AII. 3** sono riportate due classi addizionali in cui sono ricomprese le aree in cui gli stessi si rinvencono in affioramento diretto o a profondità tale da poter interagire con le opere di fondazione di eventuali costruzioni. Per tali classi si riportano i range di variazione dei principali parametri geomeccanici:

➤ **LITOTIPI FLYSCHOIDI** (*Flysch di Pontida, Arenaria di Sarnico, Flysch di Bergamo*)

Materiale roccia			Ammasso roccioso	
Peso di volume (kN/m ³)	Resistenza a compressione (MPa)	Resistenza a trazione (MPa)	Angolo d'attrito di base (°)	Coesione (kPa)
22÷26	80÷150	10÷25	26÷33	Dipend. da riempimento discontinuo.

➤ **LITOTIPI CONGLOMERATICI** (*Ceppo del Brembo, Conglomerato di Madonna del Castello*)

Materiale roccia			Ammasso roccioso	
Peso di volume (kN/m ³)	Resistenza a compressione (MPa)	Resistenza a trazione (MPa)	Angolo d'attrito di base (°)	Coesione (kPa)
20÷22	50÷90	5÷15	30÷35	Dipend. da riempimento discontinuo.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni e dei litotipi costituenti il territorio d'interesse non può avere valore assoluto e dovrà essere utilizzata con estrema cautela, fermo restando le verifiche previste dalla normativa vigente (D.M.LL.PP. 11 marzo 1988), come riportato in premessa.

6.0 Sismicità

Il territorio comunale di Paladina non risulta essere compreso nell'elenco originariamente allegato alla L. 25 novembre 1962 n°1684 e successivamente sottoposto a modifiche ed integrazioni e riportante le località sismiche di prima e seconda categoria. Ciononostante, indipendentemente dall'appartenenza o meno del comune al suddetto elenco, sulla base di quanto previsto al punto 4.1 della D.G.R. 6 agosto 1998 - n. 6/37918 è necessario individuare sul territorio comunale *"le aree a maggior amplificazione sismica ed i relativi elementi che producono tale amplificazione"*.

L'amplificazione sismica locale è legata a modificazioni del tragitto e delle caratteristiche delle onde sismiche durante il loro percorso dalla sorgente alla superficie terrestre. Tali modificazioni risultano legate alle proprietà del sito, definite "fattori locali", costituiti dalla geologia superficiale e dalla morfologia superficiale la cui complesse interazioni e combinazioni comportano una serie di fenomeni, quali amplificazioni dello spostamento, riflessioni multiple, generazione di onde superficiali, focalizzazioni delle onde sismiche e interferenze di vario genere. Questi fenomeni si traducono poi nei cosiddetti "effetti locali" o "effetti di sito" che posso essere amplificazione (o deamplificazione) dell'ampiezza dello scuotimento superficiale rispetto alle aree circostanti, aumento della durata dello scuotimento, esaltazione (o abbattimento) di determinate frequenze di oscillazione e polarizzazione del moto del suolo. L'insieme degli "effetti di sito" riscontrabili in una data area ne caratterizza la "risposta sismica locale".

Per quanto attiene il territorio comunale di Paladina gli unici elementi che, sulla base di quanto riportato ne "Determinazione del rischio sismico in Lombardia" a cura della Regione Lombardia e dall'I.R.R.S. del C.N.R., possono originare amplificazione della risposta sismica locale sono la scarpata morfologica che separa l'abitato di Paladina da quello di Ghiaie, per una distanza dal ciglio pari all'incirca alla sua altezza (30 m ca.), e la dorsale dei colli, per la quale ci si può aspettare un coefficiente di amplificazione del picco di accelerazione massima compreso fra 2 e 3, e con i valori più alti in corrispondenza dei cocuzzoli costituenti le sommità dell'apparato collinare. Ciò avviene a causa del verificarsi, dietro sollecitazione sismica ed in corrispondenza di irregolarità topografiche, quali i terrazzi in questione, di una maggior concentrazione di onde, che si traduce nell'amplificazione dello scuotimento superficiale rispetto alle attigue zone

pianeggianti. In realtà, per ciò che riguarda le aree subpianeggianti, la presenza di un forte contrasto di impedenza fra il bedrock (presente a profondità limitate, ved. par 3.1) e i depositi fluvio e postglaciali sovrastanti genererà un'amplificazione generalizzata anche sulle zone pianeggianti, su cui sorgono i centri urbani di Paladina e Ghiaie. Tale amplificazione risulterà comunque decisamente inferiore a quella prodotta dai due elementi morfologici poc'anzi citati; si è deciso perciò di riportare nell' **AII. 4A** – *carta di sintesi*, solamente le zone prospicienti alla scarpata principale e quelle della dorsale dei colli.

7.0 Inquadramento meteoclimatico

I parametri utilizzati per definire il clima di una data località sono in prima istanza le temperature e le precipitazioni medie annue e mensili, anche se una certa importanza rivestono altri fattori quali la media trentennale dei giorni di pioggia e dei giorni di sole, il regime dei venti regnanti e dominanti e i valori della radiazione solare. Per studiare le condizioni climatiche dell'area in questione è stata presa in considerazione la stazione meteorologica dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo, posta ad una quota di 218 m s.l.m., ad una distanza dall'area in esame relativamente ridotta (circa 8÷9 Km) ed avente caratteristiche fisiografiche relativamente simili a quelle dell'area in esame. A tal riguardo si consiglia, comunque, di considerare le prossime osservazioni, soprattutto pluviometriche, con una certa cautela, tenendo presente che le precipitazioni autunnali e invernali sono apportate da estese perturbazioni, mentre quelle estive, e spesso anche quelle primaverili, sono apportate frequentemente da temporali locali, aventi talvolta effetti arealmente molto limitati.

7.1 *Analisi e commento dei dati*

7.1.1 Precipitazioni e regime pluviometrico

Le precipitazioni considerate successivamente tengono conto sia degli apporti liquidi (pioggia), sia di quelli solidi (neve e grandine). Per quel che riguarda la pioggia, che è il tipo di precipitazione sensibilmente più frequente, viene di seguito considerata secondo tre differenti aspetti, ossia dal punto di vista della quantità (precipitazioni mensili ed annuali), da quello della frequenza (numero dei giorni piovosi) e da quello dell'intensità (rapporto fra l'entità delle precipitazioni e il numero di giorni piovosi).

Per meglio interpretare i dati riguardanti le precipitazioni si tenga presente che:

- una giornata viene considerata piovosa se vengono misurati almeno 0,1 mm di pioggia;
- 1 mm di pioggia equivale ad 1 litro di acqua per metro quadro di superficie;
- agli effetti della pioggia caduta 1 cm di neve equivale ad 1 mm di pioggia;

- le precipitazioni in mm successivamente esposte comprendono la neve convertita, come appena detto, in acqua.

I dati messi a disposizione dall'Istituto Sperimentale di Cerealicoltura - Sezione di Bergamo sono riportati nelle **Tabelle 7.1 e 7.2**.

Tabella 7.1 - Pluviometria (in mm di pioggia) relativa all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969-1998.

anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Totale annuale
1969	101,2	83,4	80,4	70,0	58,0	120,4	41,6	150,4	93,4	0,0	108,2	22,8	930
1970	138,8	24,8	109,6	53,0	104,2	171,0	57,6	197,8	28,6	34,6	214,8	32,0	1167
1971	103,0	52,6	119,6	67,4	152,8	176,0	59,2	79,2	72,6	12,2	129,8	34,8	1059
1972	95,0	141,0	94,4	147,4	86,0	104,6	105,6	57,4	114,0	75,4	25,5	85,0	1131
1973	76,2	13,8	1,4	44,2	49,0	156,2	181,0	111,8	69,4	123,6	34,0	56,9	918
1974	34,4	147,6	64,1	97,6	52,4	63,4	35,0	154,2	61,8	72,0	78,0	9,2	870
1975	116,6	56,8	119,4	27,8	207,8	126,0	33,0	166,1	244,8	129,4	137,2	80,3	1445
1976	16,4	23,4	13,2	54,6	61,8	20,6	164,8	158,6	290,8	298,4	137,4	48,0	1288
1977	220,4	141,0	122,2	94,2	244,6	135,6	229,6	252,4	78,2	158,0	35,2	61,8	1773
1978	181,6	151,2	44,0	103,8	160,6	81,4	135,4	78,6	2,2	36,6	31,6	74,6	1082
1979	99,8	88,0	184,2	138,4	21,6	128,8	61,8	213,9	166,4	243,4	96,2	123,2	1566
1980	56,2	28,4	133,0	9,8	117,4	145,4	46,2	36,8	35,8	229,6	108,0	18,4	965
1981	2,6	1,0	84,8	45,4	199,6	42,8	190,0	82,8	207,0	119,8	131,8	130,6	1238
1982	20,4	22,8	111,8	9,0	97,4	144,4	190,8	134,4	62,0	274,0	191,0	70,4	1328
1983	1,4	32,8	114,8	119,0	173,2	48,4	46,0	142,8	6,8	41,4	0,6	134,9	862
1984	14,2	60,2	117,8	95,0	284,6	100,8	15,4	132,8	143,0	113,8	91,6	78,2	1247
1985	92,0	6,6	211,0	51,0	171,0	154,8	77,4	54,4	30,4	35,2	139,2	75,6	1099
1986	151,6	90,2	54,8	133,6	97,0	85,2	74,0	107,8	72,4	15,0	58,0	12,2	952
1987	51,0	190,4	28,4	82,2	124,4	115,4	39,0	112,0	32,4	137,2	55,0	45,8	1013
1988	144,8	44,4	57,0	81,6	170,8	140,0	57,8	49,4	23,8	214,0	5,2	47,0	1036
1989	6,0	77,6	43,6	291,0	57,2	145,6	209,6	73,2	131,0	9,2	48,6	21,4	1114
1990	30,2	17,4	22,0	154,0	117,2	74,0	83,2	91,8	25,6	181,4	93,4	63,8	954
1991	59,0	20,0	66,4	85,4	85,6	65,6	151,0	1,0	136,0	109,0	109,0	98,0	986
1992	29,4	26,8	59,0	160,4	60,0	205,4	167,8	52,4	112,0	203,2	38,4	111,6	1226
1993	2,8	9,6	64,6	95,0	76,6	95,2	74,2	97,0	406,6	297,8	89,4	23,0	1332
1994	140,8	46,8	17,8	65,6	84,0	59,0	37,2	165,6	298,6	100,6	13,2	69,6	1099
1995	64,0	82,8	82,4	110,4	203,6	117,8	42,4	132,2	229,2	32,2	71,4	109,8	1278
1996	177,8	34,8	17,2	79,2	98,2	154,0	86,6	189,0	55,0	258,4	156,0	123,8	1430
1997	74,6	8,4	5,4	48,8	31,8	340,8	59,8	91,6	23,4	19,4	167,4	162,0	1033
1998	66,4	28,4	9,8	128,8	118,0	115,8	73,4	40,0	160,8	156,6	15,8	15,0	929
media mensile	79,0	58,4	75,1	91,5	118,9	121,1	94,2	113,6	113,8	124,4	87,0	68,0	media annuale: 1145

**Tabella 7.2 - Numero di giorni piovosi relativi all'Istituto Sperimentale per la Cereali-
coltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969÷1998.**

anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Totale annuale
1969	6	12	10	8	8	9	8	11	13	0	13	3	101
1970	13	5	12	10	10	12	3	12	3	4	10	6	100
1971	11	4	8	10	20	13	6	9	5	3	15	6	110
1972	13	15	11	16	15	14	11	8	13	7	5	11	139
1973	11	6	4	8	13	12	13	8	11	7	8	9	110
1974	11	13	11	11	10	13	3	8	8	14	18	2	122
1975	8	6	15	9	15	13	8	9	8	9	10	7	117
1976	1	6	5	7	9	10	13	12	15	18	12	9	117
1977	18	11	10	9	19	15	16	17	4	11	5	5	140
1978	14	12	10	15	16	13	11	10	2	5	3	18	129
1979	10	14	17	20	6	11	6	14	6	11	8	12	135
1980	12	1	13	5	19	14	5	6	2	11	13	4	105
1981	1	1	12	8	14	9	12	8	15	9	21	10	120
1982	5	7	10	6	6	12	13	13	9	16	13	12	122
1983	1	7	6	16	20	6	5	9	4	6	3	6	89
1984	7	8	10	15	24	6	2	15	11	12	13	9	132
1985	6	2	17	6	9	10	5	4	1	4	12	12	88
1986	9	11	10	21	10	11	5	9	5	1	6	3	101
1987	6	11	5	8	14	9	7	6	5	14	9	3	97
1988	9	7	6	15	18	17	7	4	4	8	3	3	101
1989	1	4	7	23	9	15	11	9	9	2	10	9	109
1990	5	4	6	18	11	15	4	7	6	18	9	4	107
1991	7	4	10	10	12	8	8	1	10	12	12	11	105
1992	8	3	4	12	15	22	7	6	9	17	6	7	116
1993	5	1	4	10	13	7	6	6	17	20	12	5	106
1994	9	11	1	11	14	11	7	7	14	9	8	6	108
1995	8	11	6	12	13	15	6	13	11	6	9	17	127
1996	11	9	4	11	15	9	12	12	10	11	15	14	133
1997	10	3	2	2	10	13	7	8	2	6	13	13	89
1998	8	2	3	14	13	11	8	4	11	10	5	2	91
media mensile	8,1	7,0	8,3	11,5	13,3	11,8	7,8	8,8	8,1	9,4	10,0	7,9	media annuale: 112

Dall'analisi delle precedenti tabelle si possono fare le seguenti alcune considerazioni, concernenti i dati annuali:

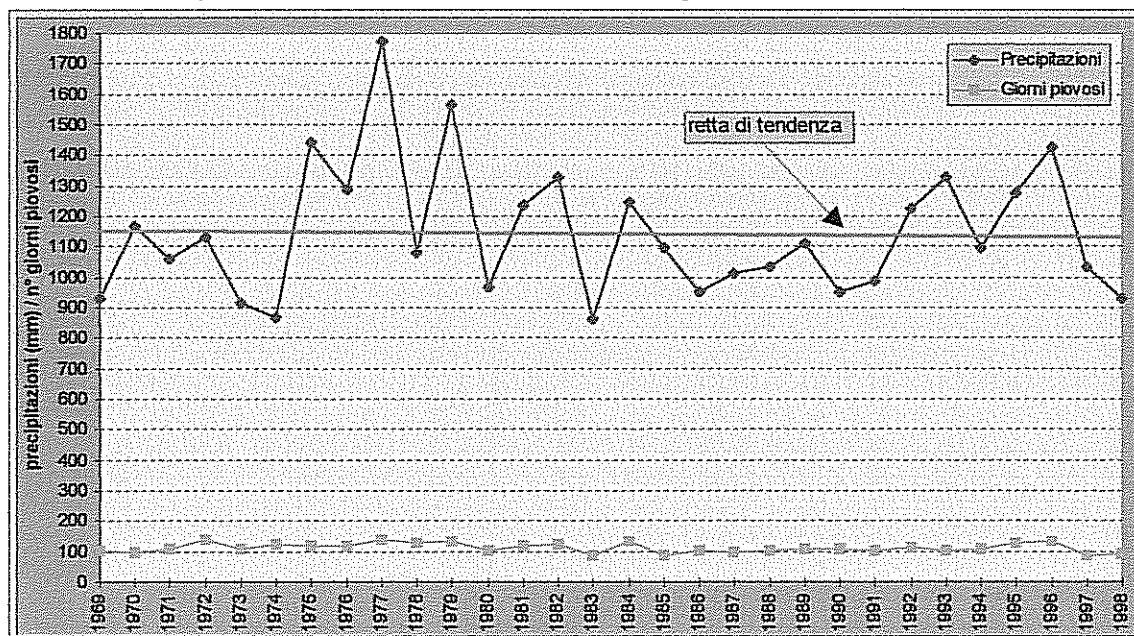
- 1) la precipitazione annua media è pari a 1145 mm, ma tale dato nasce da una serie di valori aventi una certa dispersione, infatti l'anno meno piovoso (1983) ha fatto regi-

strare una precipitazione pari a 862 mm che è poco meno della metà di quella avuta nell'anno più piovoso (1977) pari a 1773 mm;

- 2) gli anni considerati molto piovosi ($P > 1400$ mm) sono i seguenti: 1975, 1977, 1979, 1996, mentre quelli poco piovosi ($P < 900$ mm) sono: 1974 e 1983;
- 3) il numero annuale medio di giorni piovosi è pari a 112 e risulta compreso fra gli 88 giorni del 1985 e i 139 del 1972;

Per verificare un'eventuale trend nell'entità delle precipitazioni annue è stato realizzato il **grafico 7.1** sul quale è stata calcolata la retta di tendenza.

Grafico 7.1 - Andamento delle precipitazioni annuali relative all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969÷1998.



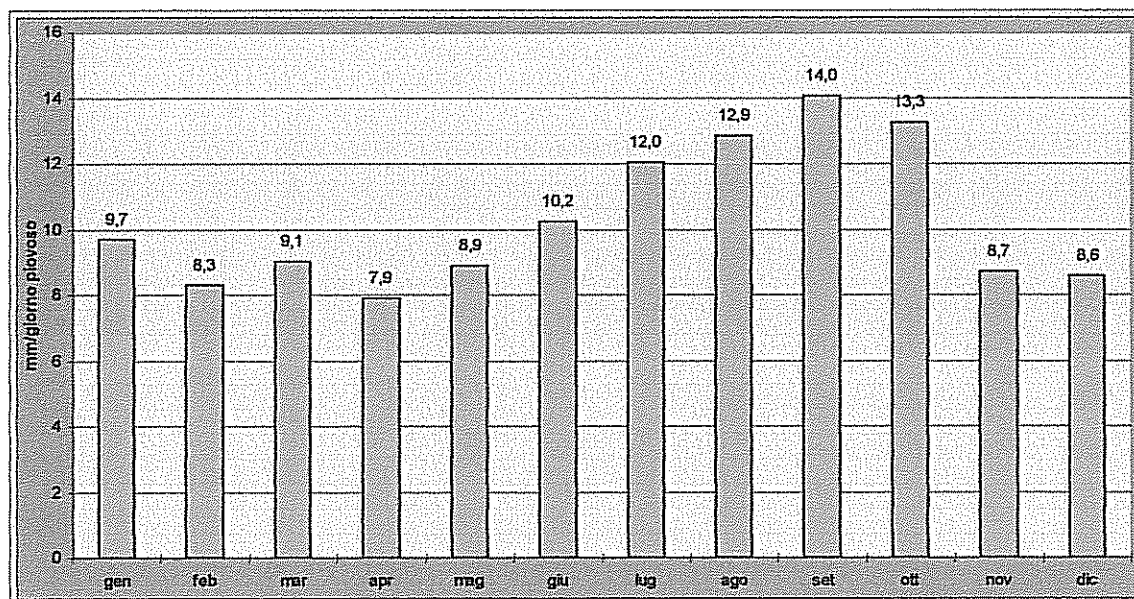
Da tale grafico si evince come, pur tra alti e bassi, non si sia evidenziato alcun trend di variazione dell'entità delle precipitazioni annue, se non una leggera diminuzione legata essenzialmente alla presenza di un periodo particolarmente piovoso nella seconda metà degli anni settanta.

È stato inoltre redatto il **grafico 7.2** al fine di rappresentare in maniera più chiara l'andamento mensile medio delle precipitazioni e dei giorni piovosi.

5) si ha il minimo assoluto dei giorni piovosi in febbraio (7,0) seguito da un costante loro aumento fino al massimo assoluto di maggio (13,3) cui segue una diminuzione fino al minimo relativo di luglio (7,8) e un andamento altalenante fino al già citato minimo assoluto di febbraio.

Dal rapporto fra l'entità delle precipitazioni e il numero di giorni in cui esse si realizzano si ottiene un'indicazione sull'intensità degli eventi meteorici, riportata nel grafico che segue.

Grafico 7.3 - Intensità mensile media delle precipitazioni relative all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969÷1998.



Da esso si ricava come si abbia un andamento altalenante nei primi quattro mesi dell'anno a cui segue un aumento graduale dell'intensità fino al massimo assoluto di settembre (14 mm/gg. piovoso), cui segue dapprima un lieve calo in ottobre (13,3 mm/gg. piovoso) e poi un brusca diminuzione in novembre (8,7 mm/ gg. piovoso), dopodiché l'intensità si mantiene pressoché costante in dicembre (8,6 mm/ gg. piovoso).

7.1.2 Temperature e regime termico

La temperatura dell'aria dipende essenzialmente dalla quantità di radiazione solare ricevuta e dai movimenti della terra e dell'atmosfera. I dati utilizzati per lo studio della temperatura sono, anche in questo caso, quelli dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo e sono riportati nelle seguenti tabelle.

Tabella 7.3 - Temperature minime mensili relative all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969-1998.

anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Media annuale
1969	-2,7	-2,0	2,9	5,5	12,1	12,6	17,4	15,8	13,8	9,0	4,3	-3,1	7,1
1970	-0,5	-1,1	1,2	4,8	8,8	15,6	16,1	16,5	14,4	6,9	4,1	-3,2	7,0
1971	-2,1	-1,0	0,3	8,3	11,6	13,1	17,5	17,7	12,2	7,2	3,6	-1,1	7,3
1972	0,4	5,9	4,8	7,3	10,2	14,6	17,0	15,6	11,0	7,6	3,4	-0,1	8,1
1973	0,0	-0,1	2,4	4,6	12,0	16,0	17,0	18,5	15,2	7,9	2,8	-1,6	7,9
1974	1,0	4,1	4,8	6,9	10,8	13,5	16,9	17,6	13,4	4,3	3,7	-0,7	8,0
1975	0,8	0,7	3,9	6,6	11,3	13,6	17,1	17,3	15,5	8,5	4,0	0,2	8,3
1976	-1,5	1,9	2,0	6,6	10,7	15,9	17,4	15,1	11,9	9,9	4,6	0,3	7,9
1977	-0,1	2,5	5,5	6,5	10,8	14,5	16,1	15,7	11,8	10,6	3,3	-0,7	8,0
1978	-0,2	-0,4	4,7	6,7	10,0	13,8	16,1	16,1	12,6	8,4	1,6	-0,5	7,4
1979	-3,2	1,9	4,7	5,6	11,1	16,2	17,0	15,9	13,3	10,2	2,7	1,7	8,1
1980	-1,3	0,8	4,1	4,6	10,2	13,1	15,1	17,5	14,5	8,4	3,1	-1,6	7,4
1981	-3,5	-1,2	4,5	7,8	10,4	15,7	15,7	16,6	14,7	8,9	1,5	-1,8	7,4
1982	-1,3	-1,2	2,3	6,4	11,8	16,3	17,6	16,5	15,7	8,9	5,4	1,0	8,3
1983	-0,6	-1,7	4,0	7,9	10,6	15,5	20,0	16,8	14,4	9,4	2,9	-0,6	8,2
1984	-1,3	-0,6	2,6	6,5	8,6	13,8	17,0	17,2	12,7	10,0	5,1	0,9	7,7
1985	-5,4	-1,8	4,0	6,5	11,6	14,7	19,0	16,5	15,4	10,3	3,0	1,4	7,9
1986	-1,3	-0,6	3,8	8,0	14,6	15,5	17,5	17,2	14,2	9,9	5,5	-0,5	8,7
1987	-3,4	0,5	0,9	7,1	9,0	14,0	19,3	17,7	17,1	10,9	5,0	1,3	8,3
1988	2,7	0,5	3,2	8,3	13,1	14,8	18,7	18,3	13,9	11,9	1,6	-0,7	8,9
1989	-2,7	1,7	6,0	7,7	12,4	14,1	17,4	17,3	14,1	8,1	3,3	-0,4	8,3
1990	-2,0	2,6	4,9	6,0	12,8	15,5	17,4	17,5	13,2	10,8	2,7	-1,9	8,3
1991	-0,7	-2,8	7,5	6,5	9,2	15,3	18,9	19,7	16,7	9,4	3,9	-2,5	8,4
1992	-1,5	-0,1	3,2	6,3	12,7	14,3	18,2	19,9	14,4	9,3	4,6	0,8	8,5
1993	-0,3	-1,1	2,6	7,6	12,7	16,3	16,4	18,6	13,6	9,8	3,7	0,3	8,4
1994	0,8	0,2	5,9	6,9	13,1	15,9	20,0	19,0	14,2	9,0	6,7	1,5	9,4
1995	-1,5	2,3	2,4	7,2	11,9	14,2	20,0	17,1	12,3	10,5	4,4	1,7	8,5
1996	1,6	0,2	3,3	8,1	11,5	16,0	17,5	17,3	11,6	10,3	5,6	1,4	8,7
1997	0,8	1,6	5,3	5,9	12,6	15,7	16,8	18,0	15,5	9,3	4,9	0,8	8,9
1998	0,2	1,7	2,4	7,5	13,3	16,3	18,0	18,4	13,5	8,8	1,8	-1,7	8,4
media mensile	-1,0	0,4	3,7	6,7	11,4	14,9	17,5	17,3	13,9	9,1	3,8	-0,3	media annuale: 8,1

Tabella 7.4 - Temperature massime mensili relative all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969-1998.

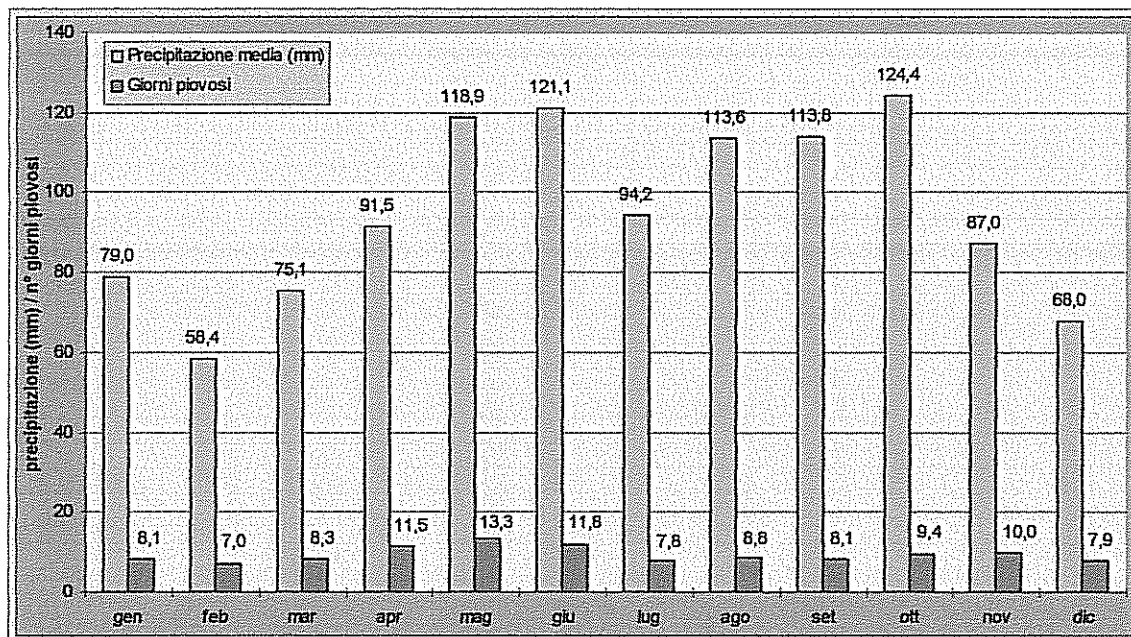
anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Media annuale
1969	5,1	4,7	10,7	16,1	23,1	24,4	28,4	26,4	23,5	20,6	11,5	4,9	16,6
1970	4,9	7,3	10,0	16,1	20,1	26,2	28,8	27,4	25,4	18,0	12,8	5,2	16,9
1971	5,7	9,6	9,6	17,9	21,5	24,2	29,3	29,6	23,1	18,2	11,4	6,5	17,2
1972	4,9	6,6	14,1	15,6	20,9	24,5	27,0	26,6	19,6	16,0	10,8	5,5	16,0
1973	6,1	9,3	13,1	15,4	21,8	26,0	27,0	27,9	24,1	17,5	11,4	5,8	17,1
1974	7,6	10,4	12,7	16,4	21,1	24,9	28,9	29,2	23,7	13,7	11,0	9,0	17,4
1975	8,1	9,9	12,1	18,1	21,5	24,6	29,4	26,8	25,1	17,8	9,6	7,0	17,5
1976	6,2	9,4	10,9	17,5	22,3	28,2	28,9	24,6	20,6	17,0	11,9	5,9	17,0
1977	4,5	9,1	13,9	16,0	19,7	24,7	27,1	25,7	22,5	18,6	11,3	7,4	16,7
1978	7,1	5,3	14,0	14,6	18,6	25,1	26,8	26,3	25,0	17,9	11,0	4,9	16,4
1979	3,8	7,6	12,6	15,0	23,0	26,8	27,5	26,4	23,6	16,8	10,9	8,2	16,9
1980	4,7	9,7	12,1	16,7	19,1	24,4	26,8	28,9	25,2	17,7	8,3	6,7	16,7
1981	6,8	7,8	14,6	17,5	20,8	26,4	26,9	27,8	23,1	17,4	10,9	6,3	17,2
1982	5,7	6,5	12,5	16,6	22,4	27,2	29,0	26,9	25,8	16,5	11,4	7,8	17,4
1983	8,8	5,6	12,9	16,3	20,0	26,4	31,5	27,3	24,8	19,4	11,2	6,6	17,6
1984	6,5	6,6	11,1	16,3	16,5	25,2	29,0	26,2	22,2	18,1	9,0	7,3	16,2
1985	1,7	5,5	10,6	17,5	21,1	24,7	29,8	29,0	27,0	19,4	11,9	6,8	17,1
1986	6,6	3,8	11,3	14,3	24,8	25,8	27,5	28,1	23,8	20,0	11,7	7,8	17,1
1987	4,3	6,5	9,7	17,1	20,3	24,8	29,3	27,0	26,1	16,8	11,0	7,3	16,7
1988	7,9	10,2	13,7	16,8	21,2	24,6	28,9	28,6	24,2	19,4	9,3	7,6	17,7
1989	6,4	10,8	15,8	14,8	22,8	25,0	27,2	27,6	22,4	17,6	9,8	6,9	17,3
1990	6,9	12,1	16,2	15,4	23,2	25,2	28,3	28,2	24,2	18,4	11,0	6,0	17,9
1991	5,9	6,3	14,5	15,8	19,2	25,1	30,3	29,8	25,2	15,6	10,3	7,2	17,1
1992	5,9	9,5	14,2	16,0	23,5	24,2	27,6	30,3	24,2	15,4	12,1	6,1	17,4
1993	7,1	10,0	12,7	16,5	23,4	27,1	27,4	29,6	21,7	16,2	9,6	8,4	17,5
1994	9,3	7,7	17,7	16,5	21,8	26,3	30,5	30,3	23,0	17,3	12,1	8,0	18,4
1995	7,8	10,3	13,1	16,7	21,7	23,6	30,1	27,5	22,1	20,0	11,6	6,7	17,6
1996	5,9	7,1	10,9	18,1	22,4	27,4	26,8	26,8	21,1	17,4	12,2	7,3	17,0
1997	8,0	11,5	17,5	18,1	23,6	24,6	27,8	28,3	26,0	18,8	12,0	7,5	18,6
1998	7,2	13,9	14,9	16,4	23,1	27,1	29,3	29,8	23,4	17,9	10,6	7,2	18,4
media mensile	6,2	8,4	13,0	16,4	21,5	25,5	28,4	27,8	23,7	17,7	11,0	6,9	media annuale: 17,2

Tabella 7.5 - Temperature medie mensili relative all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969÷1998.

anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Media annuale
1969	1,2	1,4	6,8	10,8	17,6	18,5	22,9	21,1	18,7	14,8	7,9	0,9	11,9
1970	2,2	3,1	5,6	10,5	14,5	20,9	22,5	22,0	19,9	12,5	8,5	1,0	11,9
1971	1,8	4,3	5,0	13,1	16,6	18,7	23,4	23,7	17,7	12,7	7,5	2,7	12,2
1972	2,7	6,3	9,5	11,5	15,6	19,6	22,0	21,1	15,3	11,8	7,1	2,7	12,1
1973	3,1	4,6	7,8	10,0	16,9	21,0	22,0	23,2	19,7	12,7	7,1	2,1	12,5
1974	4,3	7,3	8,8	11,7	16,0	19,2	22,9	23,4	18,6	9,0	7,4	4,2	12,7
1975	4,5	5,3	8,0	12,4	16,4	19,1	23,3	22,1	20,3	13,2	6,8	3,6	12,9
1976	2,4	5,7	6,5	12,1	16,5	22,1	23,2	19,9	16,3	13,5	8,3	3,1	12,4
1977	2,2	5,8	9,7	11,3	15,3	19,6	21,6	20,7	17,2	14,6	7,3	3,4	12,4
1978	3,5	2,5	9,4	10,7	14,3	19,5	21,5	21,2	18,8	13,2	6,3	2,2	11,9
1979	0,3	4,8	8,7	10,3	17,1	21,5	22,3	21,2	18,5	13,5	6,8	5,0	12,5
1980	1,7	5,3	8,1	10,7	14,7	18,8	21,0	23,2	19,9	13,1	5,7	2,6	12,0
1981	1,7	3,3	9,6	12,7	15,6	21,1	21,3	22,2	18,9	13,2	6,2	2,3	12,3
1982	2,2	2,7	7,4	11,5	17,1	21,8	23,3	21,7	20,8	12,7	8,4	4,4	12,8
1983	4,1	2,0	8,5	12,1	15,3	21,0	25,8	22,1	19,6	14,4	7,1	3,0	12,9
1984	2,6	3,0	6,9	11,4	12,6	19,5	23,0	21,7	17,5	14,1	7,1	4,1	11,9
1985	-1,9	1,9	7,3	12,0	16,4	19,7	24,4	22,8	21,2	14,9	7,5	4,1	12,5
1986	2,7	1,6	7,6	11,2	19,7	20,7	22,5	22,7	19,0	15,0	8,6	3,7	12,9
1987	0,5	3,5	5,3	12,1	14,7	19,4	24,3	22,4	21,6	13,9	8,0	4,3	12,5
1988	5,3	5,4	8,5	12,6	17,2	19,7	23,8	23,5	19,1	15,7	5,5	3,5	13,3
1989	1,9	6,3	10,9	11,3	17,6	19,6	22,3	22,5	18,3	12,9	6,6	3,3	12,8
1990	2,5	7,4	10,6	10,7	18,0	20,4	22,9	22,9	18,7	14,6	6,9	2,1	13,1
1991	2,6	1,8	11,0	11,2	14,2	20,2	24,6	24,8	21,0	12,5	7,1	2,4	12,8
1992	2,2	4,7	8,7	11,2	18,1	19,3	22,9	25,1	19,3	12,4	8,4	3,5	13,0
1993	3,4	4,5	7,7	12,1	18,1	21,7	21,9	24,1	17,7	13,0	6,7	4,4	12,9
1994	5,1	4,0	11,8	11,7	17,5	21,1	25,3	24,7	18,6	13,2	9,4	4,8	13,9
1995	3,2	6,3	7,8	12,0	16,8	18,9	25,1	22,3	17,2	15,3	8,0	4,2	13,1
1996	3,8	3,7	7,1	13,1	17,0	21,7	22,2	22,1	16,4	13,9	8,9	4,4	12,8
1997	4,4	6,6	11,4	12,0	18,1	20,2	22,3	23,2	20,8	14,1	8,5	4,2	13,8
1998	3,7	7,8	8,7	12,0	18,2	21,7	23,7	24,1	18,5	13,4	6,2	2,8	13,4
media mensile	2,6	4,4	8,3	11,6	16,4	20,2	23,0	22,6	18,8	13,4	7,4	3,3	media annuale 12,7

Per verificare un'eventuale trend nell'andamento delle temperature annue medie è stato realizzato il **grafico 7.4** sul quale è stata calcolata la linea di tendenza.

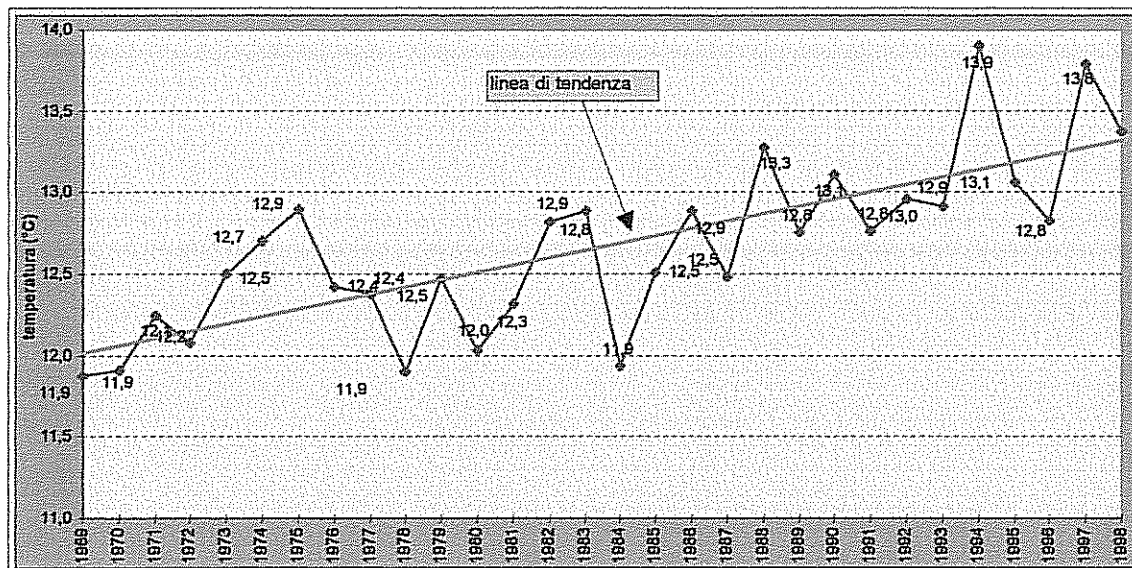
Grafico 7.2 - Andamento mensile medio delle precipitazioni relative all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969÷1998.



Dalla sua analisi si evince quanto segue:

- 1) il minimo assoluto si registra in febbraio con 58,4 mm a cui segue un periodo di graduale crescita delle precipitazioni che culmina in un massimo, che si rivelerà poi relativo (anche se per pochissimo) in giugno con 121,1 mm;
- 2) si assiste ad un certo calo delle precipitazioni in luglio (94,2 mm) e ad un successivo aumento dell'entità delle precipitazioni in agosto (113,6 mm) e in settembre (113,8 mm) che culmina nel massimo assoluto di ottobre (124,4 mm);
- 3) infine si evince un calo graduale delle precipitazioni nei mesi di novembre (87,0 mm) e dicembre (68,0 mm), mese in cui si ha un minimo relativo cui segue un lieve incremento delle precipitazioni in gennaio (79,0 mm) per poi giungere al già citato minimo assoluto di febbraio (58,4 mm);
- 4) l'andamento del numero di giorni piovosi non è proporzionale a quello dell'entità delle precipitazioni e ciò suggerisce, come si vedrà meglio in seguito, una differente intensità delle stesse;

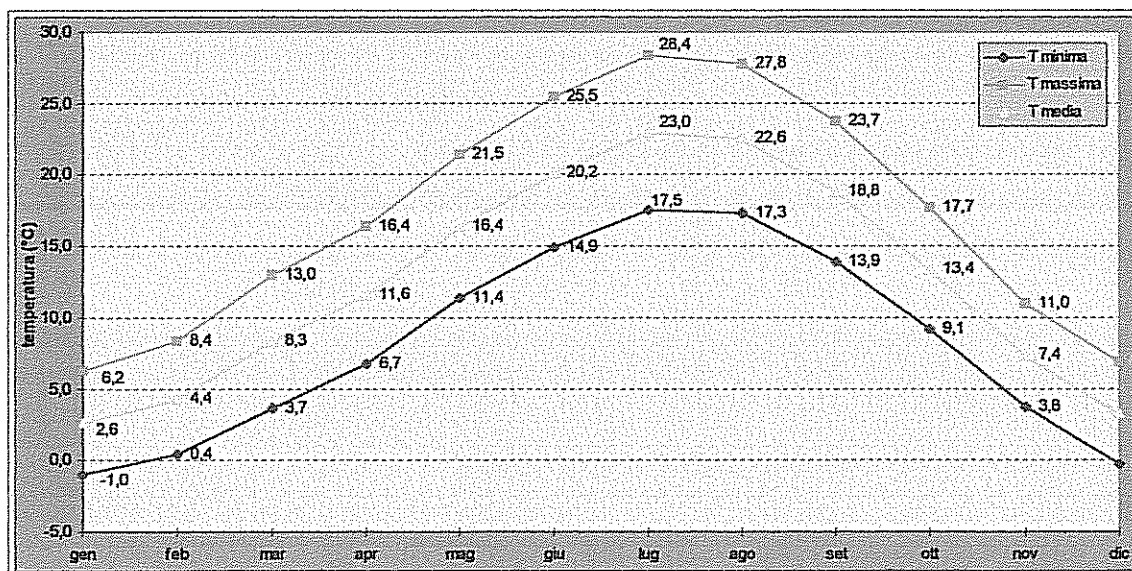
Grafico 7.4 - Andamento annuo delle temperature medie relativo all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969-1998.



Da tale grafico si evince un deciso trend che porta, se pur ovviamente tra alti e bassi, ad un aumento medio delle temperature annue medie di circa 0,04 °C.

Il seguente grafico è stato invece redatto al fine di riassumere i dati termometrici mensili medi ed estremi del trentennio considerato.

Grafico 7.5 - Andamento mensile medio delle temperature relativo all'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura - Sezione di Bergamo - nel trentennio 1969-1998.



Dall'analisi dei dati termometrici fin qui esposti si possono fare le seguenti considerazioni:

- 1) la temperatura media annua è di 12,7 °C; tale valore non risulta comunque molto rappresentativo alla luce di quanto poc'anzi esposto in merito al trend di variazione delle temperature annue medie;
- 2) l'andamento ha, ovviamente, il tipico andamento a campana con un minimo invernale ed un massimo estivo. È interessante però notare come questi due estremi non cadano nei mesi in cui si verificano i rispettivi solstizi (giugno e dicembre), ma siano ritardati rispetto ai solstizi stessi di un mese; abbiamo infatti il massimo in luglio (media di 23,0 °C) e il minimo in gennaio (media di 2,6 °C). Ciò è dovuto al fatto che la superficie terrestre continua ad accumulare (o perdere) calore anche quando l'altezza del sole comincia a diminuire (o aumentare) immediatamente dopo il solstizio d'estate (o d'inverno);
- 3) l'escursione termica media annua (differenza fra le temperature medie dei mesi più caldo e più freddo) è pari 20,4 °C ed è compresa fra un massimo di 26,3 °C del 1985 e un minimo di 18,4 °C del 1996;
- 4) il massimo assoluto, sia per ciò che concerne le temperature medie che quelle massime, si è registrato nel luglio 1983 (media di 25,8 °C; media delle massime di 31,5);
- 5) il minimo assoluto, sia per ciò che concerne le temperature medie che quelle minime, si è registrato nel gennaio 1985 (media di -1,9 °C; media delle minime di -5,4 °C);
- 6) il regime termico della stazione meteorologica considerata è di tipo 2-3, ossia con febbraio più caldo di dicembre e marzo più caldo di novembre ed è tipico di zone a clima mesotermico umido (C, nella classificazione di Köppen).

7.1.3 Classificazione climatica

Dall'insieme dei dati pluviometrici e termometrici si può affermare che il clima, oltre ad essere mesotermico umido (tipo C di Köppen), risente di una certa continentalità evidenziata dall'abbastanza elevata escursione termica annua. Per essere più precisi i parametri termometrici misurati fanno ricadere la zona rappresentata dalla stazione meteorologica di Bergamo in un tipo di clima definito da Köppen come temperato sublitoraneo, ovvero avente le seguenti caratteristiche:

- media annua della temperatura compresa fra 10 e 14.4°C;
- media della temperatura del mese più freddo compresa fra -1 e 3.9°C;
- da 1 a 3 mesi con temperatura media $\geq 20^{\circ}\text{C}$;
- escursione termica annua superiore a 19°C.

Unendo le considerazioni pluviometriche a quelle termometriche si ottiene un tipo di clima, secondo Köppen, definito *Cfa* e assimilabile al già citato clima temperato sublitoraneo, dove :

- C indica un clima mesotermico umido;
- f indica l'assenza di un vero e proprio periodo arido;
- a indica una temperatura media del mese più caldo superiore a 22°C.

Un breve cenno merita anche il regime termico dei suoli ricavato dai dati pubblicati dall'Istituto Sperimentale di Cerealicoltura - Sezione di Bergamo e relativi al decennio 1978-1987. Tali dati riguardano le temperature del suolo misurate a tre differenti profondità (5, 10, 20 cm) e da essi si deduce come i valori mensili medi sul decennio non siano mai risultati negativi, mentre quelli dei singoli mesi siano risultati negativi per ciò che concerne gennaio 1985 (a tutte e tre le profondità) e gennaio 1981 (a 5 cm). Dall'insieme di tali dati si ipotizza, per i suoli del territorio in esame, un regime di tipo "mesico", definito dalla Soil Taxonomy Classification, come caratterizzato da una temperatura media annua del suolo, a 560 cm di profondità, uguale o superiore a 8 °C e

inferiore a 15 °C, con differenze fra le temperature medie estive e quelle medie invernali superiore ai 5 °C.

7.1.4 Venti e regime anemometrico

E' la differenza di temperatura esistente fra le varie aree della terra che provoca l'insorgere dei venti, infatti differente temperatura significa differente densità dell'aria e di conseguenza differente pressione atmosferica. Tali differenze bariche producono dei movimenti d'aria (i venti) da zone ad alta pressione verso zone a pressione più bassa. Oltre a questi grandi movimenti d'aria a grande scala ve ne sono altri a livello locale: le brezze, che sono sia stagionali che giornaliere.

Nel territorio bergamasco ovviamente si riscontra la presenza di tutte queste tipologie di venti. Per quanto riguarda le brezze giornaliere esse traggono origine dal fatto che l'atmosfera che circonda i rilievi si riscalda e si raffredda più intensamente di quella che sovrasta la pianura, a parità di altitudine. Precisamente di giorno all'altezza delle vette e al di sopra dei pendii si ha una temperatura più alta di quella dell'atmosfera libera alla stessa quota, per cui si genera un gradiente termico-barico diretto verso la montagna che a sua volta provoca uno spostamento d'aria nella stessa direzione; durante la notte il gradiente si inverte e pertanto anche le correnti locali mutano la loro direzione (brezza di valle e di monte).

Cosa analoga avviene per le brezze stagionali, fra inverno ed estate; infatti in inverno l'aria in prossimità di vette e pendii ha mediamente una temperatura inferiore a quella dell'atmosfera libera ed il gradiente termico-barico, e di conseguenza le brezze che ne derivano, hanno direzione dai monti verso la pianura, mentre nel periodo estivo la direzione si inverte.

I dati riportati nella seguente tabella sono quelli pubblicati dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura, Sezione di Bergamo e sono relativi al ventennio 1962-1981 e alla stazione di Bergamo.

Tabella 7.6 - Frequenza percentuale della direzione del vento pubblicati dall'Istituto Sperimentale per la Cerealcoltura - Sezione di Bergamo - per il trentennio 1962-1981.

Mese	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Gennaio	9.8	29.0	5.6	12.7	6.8	15.9	11.7	8.5
Febbraio	7.7	19.7	5.3	17.6	10.5	24.7	7.6	6.8
Marzo	6.0	21.3	6.1	25.1	6.1	21.6	7.1	6.8
Aprile	5.2	20.6	5.7	26.1	9.3	17.6	7.4	8.3
Maggio	8.3	18.8	6.5	20.0	7.0	21.5	10.5	7.4
Giugno	10.3	19.8	6.5	18.0	8.4	22.1	8.6	6.4
Luglio	10.9	20.7	6.2	21.5	9.2	19.4	7.1	5.1
Agosto	11.3	23.4	5.4	22.4	7.3	19.1	6.1	4.9
Settembre	9.4	22.7	8.6	19.7	5.7	21.0	8.2	4.7
Ottobre	5.1	30.3	9.2	14.7	6.4	22.4	7.7	4.3
Novembre	8.8	26.8	7.2	9.8	4.5	25.9	10.2	6.9
Dicembre	11.1	29.3	9.1	9.1	4.4	18.1	10.2	8.8
Media	8.7	23.5	6.8	18.1	7.1	20.7	8.5	6.5

Dalla tabella si può ricavare come le direzioni di provenienza più frequenti siano tre e più precisamente da NE (23.5 %), da SO (20.7 %) e da SE (18.1 %); seguono poi nettamente meno frequenti le altre direzioni.

Da un'analisi più approfondita dei dati si nota come la direzione di provenienza da NE sia nettamente la più frequente nei mesi freddi, mentre è subordinata a quella da SO nei mesi caldi. Ciò è legato all'instaurarsi delle brezze stagionali che, come già accennato, spirano da monte (nella provincia di Bergamo perciò da Nord) verso valle nei mesi freddi e verso monte in quelli più caldi. Nello stesso studio da cui sono tratti i dati anemometrici si cita il Gavazzeni che afferma che, mentre al mattino prevalgono i venti da NE, al pomeriggio dominano invece quelli da SO. Tale fatto è in pieno accordo con la teoria riguardante le brezze giornaliere (di valle e di monte).

Altri dati disponibili sono quelli relativi ad una campagna di rilevamento degli inquinanti atmosferici condotta sul territorio dei Comuni di Filago e Brembate dall' 11 aprile all' 11 giugno 1980 a cura dell'Assessorato Regionale all'Ecologia e ai Beni Ambientali - Servizio Aria. In tale campagna sono stati rilevati, tra gli altri, anche i valori di direzione e velocità dei venti, dai quali è stato possibile ottenere la frequenza percentuale della direzione dei venti e la loro velocità media qui di seguito riportate per le diverse stazioni di campionamento:

COMUNE	STAZ. CAMPION.	TIPO DI DATO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Filago	Scuola materna	freq. percent. (%) velocità (m/s)	6.8 0.49	19.5 0.60	7.6 0.53	14.4 1.25	10.9 1.09	13.4 1.39	12.2 2.44	15.3 2.22
Filago	Marne - Scuola elem.	freq. percent. (%) velocità (m/s)	12.0 0.2	10.2 0.5	15.3 0.9	22.3 0.7	9.8 0.4	9.3 0.9	13.0 0.8	7.8 0.5
Brembate	P.za don Todeschini	freq. percent. (%) velocità (m/s)	3.5 0.03	10.5 0.08	12.4 0.31	14.7 0.14	14.5 0.22	20.5 0.2	15.3 0.21	8.7 0.22
Brembate	Grignano - campo sport.	freq. percent. (%) velocità (m/s)	3.3 0.8	13.4 1.9	15.1 1.6	10.9 1.1	7.3 1.4	12.1 1.0	19.1 1.4	18.8 1.2

Tali dati risultano non molto omogenei, probabilmente a causa della breve estensione temporale dell'indagine che ha condotto alla loro raccolta.

Ulteriori informazioni sono inoltre deducibili da uno studio effettuato tramite l'utilizzo di strumentazione del P.M.I.P. di Bergamo in merito ad un'indagine relativa alla centrale termica realizzata dalla Società Legler Industria Tessile S.p.A. a Ponte S. Pietro. Anche in questo caso il periodo monitorato è stato breve (8.10.1986÷30.12.1986) e da esso si è ricavata la frequenza percentuale della direzione dei venti:

	N				E				S				O	
direz. (°)	0	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	345
ore	228	684	96	22	27	62	81	234	117	55	86	77	48	147

e la distribuzione percentuale delle velocità degli stessi:

velocità (m/s)	0÷2	2÷5	5÷10	10÷30
periodo (%)	17.7	38.6	38.5	5

Altri dati sono stati rilevati durante un'indagine di qualità dell'aria in Comune di Calusco d'Adda effettuata a cura del Servizio Igiene Pubblica Ambientale e Tutela della Salute nei Luoghi Pubblici dell'U.S.S.L. n° 28 nel periodo 1987÷1989. Tale indagine ha consentito di ottenere la frequenza percentuale della direzione e della velocità dei venti sull'intera durata dell'indagine:

	N				E				S				O	
direz. (°)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330		
distr. %	31.05	3.5	4.0	9.4	5.3	7.4	9.1	3.7	3.1	8.0	4.1	11		

velocità (m/s)	0÷0.5	0.5÷2.0	2.0÷5.0	5.0÷10.0	10.0÷30.0
periodo (%)	4.08	66.7	28.0	1.3	0.01

sia, per ciò che riguarda la frequenza percentuale della direzione, per i mesi di luglio:

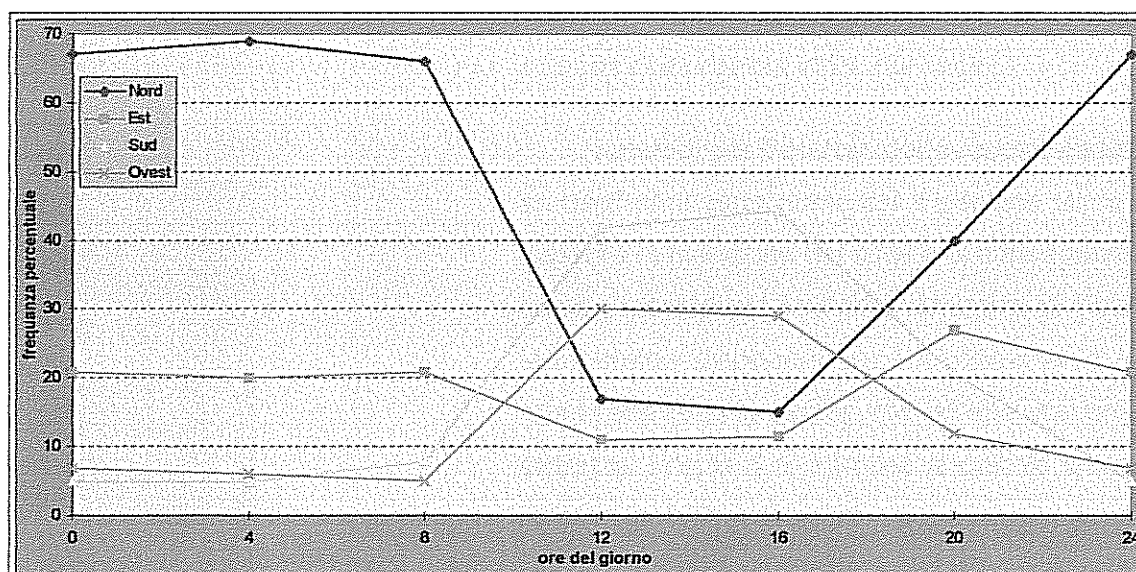
	N			E			S			O		
direz. (°)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
distr. %	37.8	1.2	2.9	8.9	5.05	10.7	14.7	6.4	2.3	3.0	2.5	4.7

e di gennaio:

	N			E			S			O		
direz. (°)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
distr. %	25.3	1.7	4.1	11.06	5.07	9.8	10.02	1.7	2.08	11.4	3.8	13.9

Inoltre tale indagine ha portato a studiare la distribuzione giornaliera della direzione dei venti, riassunta nel seguente grafico:

Grafico 7.6 - Frequenza percentuale della direzione dei venti nel Comune di Calusco d'Adda nel periodo 1987÷1989.



che conferma, con la dominanza dei venti da nord nelle ore più fredde e da sud in quelle più calde, la presenza delle brezze giornaliere, poc'anzi esposta a commento dei dati della stazione di Bergamo, tipiche delle zone pedecollinari.

7.1.5 Evapotraspirazione e bilancio idrico

L'evapotraspirazione è un fattore climatico di grande importanza ai fini del bilancio idrico di un'area e quindi per la valutazione delle potenzialità idriche superficiali e sotterranee. Essa è rappresentata numericamente dalla quantità di acqua persa in se-